

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN VARIASI
UKURAN PANJANG 2CM SEBAGAI PENINGKATAN TERHADAP
SIFAT MEKANIS PADA BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE)
PADA DINDING PANEL**



Disusun oleh:

LEONARDO UBU NGEDO LERO

NIM: 1321182

**JURUSAN TEKNIK SIPIL - SI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN VARIASI
UKURAN PANJANG 2CM SEBAGAI PENINGKATAN TERHADAP
SIFAT MEKANIS PADA BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE)
PADA DINDING PANEL**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2017

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik


Disusun Oleh :

LEONARDO UBU NGEDO LERO

NIM : 13.21.182

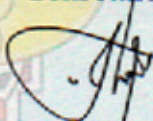
Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Penguji II



(Muhammad Erfan, ST, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2017

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN VARIASI
UKURAN PANJANG 2CM SEBAGAI PENINGKATAN TERHADAP
SIFAT MEKANIS PADA BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE)
PADA DINDING PANEL**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

LEONARDO UBU NGEDO LERO

NIM : 13.21.182

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Ester Priskasari, MT

Dosen Pembimbing II

Ir. Bambang Wedvantadji, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 .



Ir. A. Agus Santosa, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Leonardo Ubu Ngedo Lero

NIM : 13.21.182

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :
**"PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN PANJANG
UKURAN 2CM TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON BERSERAT
(FIBER CONCRETE) PADA PANEL DINDING"**

Adalah hasil karya sendiri, dan bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, September 2017

Yang membuat pernyataan,



(LEONARDO UBU NGEDO LERO)

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN UKURAN PANJANG 2 CM SEBAGAI PENINGKATAN TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE) PADA PANEL DINDING.

Leonardo Ubu Ngedo Lero NIM : 1321182 ; Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT; Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

ABSTRAK

Dalam dunia pembangunan yang semakin maju dengan pesat, dimana beton sebagai bahan utama untuk konstruksi bangunan. Akan tetapi, struktur beton memiliki kelemahan yaitu kuat tarik yang lemah sehingga mengakibatkan munculnya retak-retak melintang halus. Dengan suatu perencanaan kita dapat meningkatkan kuat tarik dengan menambahkan serat dalam campuran beton dan dalam skripsi ini serat yang digunakan adalah limbah kawat.

Limbah kawat yang digunakan sebagai campuran dalam beton diperoleh dari sisa pekerjaan suatu proyek konstruksi lalu diberi perlakuan yaitu dengan memotong kawat tersebut sepanjang 2cm agar dapat tersebar secara merata dalam campuran beton. Perencanaan campuran beton menggunakan metode DOE dan kadar campuran limbah kawat yang digunakan sebesar 1%,1,5%,2% yang menggantikan berat semen serta pembuatan benda uji yaitu silinder 15x30, balok 60x15x15, dan panel dinding ukuran 60x15x6. Dan akan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur lalu data yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan akan diolah dengan Pengujian Interval Kepercayaan lalu Pengujian Hipotesis dan Analisa Regresi untuk memperoleh hasil akhir dari data masing-masing pengujian.

Diperoleh kesimpulan terdapat pengaruh antara beton normal dan beton berserat campuran limbah kawat hal ini dibuktikan pada pengujian hipotesis bahwa pada pengujian kuat tekan beton $f_{hitung} = 4,261 < f_{tabel} = 3,490$ pada pengujian tarik belah $f_{hitung} = 17,426 < f_{tabel} = 3,863$ sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur $f_{hitung} = 4,599 < f_{tabel} = 4,066$. Pengujian kuat tekan (R^2) = 87,1 % pada pengujian tarik belah (R^2) = 79,4% sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur (R^2) = 89,1 % , dan juga kuat tekan nilai presentase optimum adalah 2 % = 19,50 MPa, pada pengujian kuat tarik belah = 2,5 MPa sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur adalah 0,902 % = 5,631 MPa.

Kata Kunci : *Beton Berserat, Limbah, Panel Dinding.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Yang telah memberikan rahmat dan lindunganya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Proposal Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Nusa Sebayang, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
3. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT Selaku Dosen Pembimbing 1 Laporan Skripsi.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT.. Selaku Dosen Pembimbing 2 Laporan Skripsi.

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam Laporan Proposal Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan, akhir kata semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Juni 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Hipotesis Penelitian.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Panel Dinding Non Struktural.....	9
2.3 Beton Berserat.....	10
2.3.1 Deskripsi Beton	10
2.3.2 Beton Serat	12
2.4 Serat	13
2.4.1 Serat Baja	13
2.4.2 Serat Polypropelene.....	15
2.4.3 Serat Kaca.....	15
2.4.4 Serat Kevlar.....	15
2.4.5 Serat Karbon.....	16
2.4.6 Serat Kawat	16

2.5 Variabel Beton Berserat	19
2.6 Pengujian kuat tekan beton	21
2.7 Pengujian kuat tarik belah.....	21
2.8 Pengujian Kuat tarik lentur beton	23
2.9 Pengujian Interval Kepercayaan	25
2.10 Analisa Regresi	27
2.11 Pengertian Hipotesis	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Tujuan Penelitian Secara Operasional	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.3 Metode Penelitian.....	31
3.4 Populasi dan Sampel	32
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.6 Model Benda Uji	34
3.7 Metode Pengumpulan Data	35
3.7.1 Tujuan	35
3.7.2 Peralatan Pengujian	35
3.7.3 Pengujian Kuat Tarik Lentur.....	36
3.7.4 Pengujian Kuat Tarik Belah.....	37
3.7.5 Pengujian Kuat Tekan.....	38
3.7 Bagan Alir Penelitian	39
BAB 4 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN	40
4.1 Perencanaan Campuran (Mix Design)	40
4.2 Perencanaan Campuran Beton Mutu $F'c = 17 \text{ Mpa}$	41
4.2.1 Data Perencanaan	41
4.2.2 Menentukan Kuat Tekan Rencana	42
4.2.3 Menentukan Faktor Air Semen (FAS).....	43
4.2.4 Menentukan Jumlah Air Bebas.....	44
4.2.5 Menentukan Persentase Agregat Halus dan Kasar.....	45
4.2.6 Mencari Berat Jenis Agregat Gabungan (SSD)	46

4.2.7 Menentukan Berat Jenis Beton Segar	46
4.2.8 Menentukan komposisi campuran beton kondisi lapangan	48
4.2.9 Menghitung kebutuhan bahan campuran beton.....	50
4.2.10 Menghitung kebutuhan serat limbah kawat	51
4.3 Analisis Data	52
4.3.1 Data Perhitungan Kuat Tekan Silinder	53
4.3.2 Data Perhitungan Kuat Tarik Belah Silinder	54
4.3.3 Data Perhitungan Kuat Tarik Lentur Silinder	56
4.3.4 Data Perhitungan Kuat Tarik Lentur Balok	57
4.4 Uji Interval Kepercayaan	58
BAB 5 ANALISA DATA DAN HASIL PENELITIAN	66
5.1 Pengujian Hipotesis.....	66
5.1.1 Analisis Hipotesis	66
5.2 Analisa Regresi	69
5.2.1 Analisis Regresi	69
5.3 Pembahasan	72
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan	77
6.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

2.1 Persyaratan Kuat Tekan Minimum Dinding Sebagai Bahan Bangunan	10
2.2 Sifat Berbagai Macam Serat.....	18
3.1 Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton.....	33
3.2 Variasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	33
3.3 Variasi Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton.....	33
4.1 Standart Deviasi Berdasarkan Isi Pekerjaan	42
4.2 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan FAS (W/C) = 0,5	43
4.3 Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Workability.....	44
4.4 Kebutuhan Campuran Limbah Kawat Untuk Silinder	52
4.5 Kebutuhan Campuran Limbah Kawat Untuk Balok	52
4.6 Nilai Kuat Tekan Beton Silinder Umur 28	54
4.7 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Silinder Umur 28	55
4.8 Nilai Kuat Tarik Lentur Beton Balok Umur 28	57
4.9 Nilai Kuat Tarik Lentur Beton Balok 6 cm Umur 28	57
4.10 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Prosentase 0%	58
4.11 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton	60
4.12 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Beton	60
4.13 Interval Kepercayaan Kuat Lentur Beton	60
4.14 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan...	61
4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan..	62
4.16 Data Pengujian Kuat Tarik Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan....	63
4.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan...	63

4.18	Data Pengujian Kuat Lentur Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan ..	64
4.19	Hasil Pengujian Kuat Lentur Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan .	64
5.1	Data Stabilitas Pengujian Kuat Tekan Beton	66
5.2	Tabel Analisa Varian Untuk Kuat Tekan.....	68
5.3	Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan	69
5.4	Nilai Kadar Kawat Dan Kuat Tekan Rata – Rata Tiap Variasi.....	70
5.5	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi	70

DAFTAR GAMBAR

2.1 Gambar Balok Beton	11
2.2 Perilaku Serat Terhadap Retakan Pada Beton Berserat (Fiber Concrete).....	13
2.3 Berbagai Bentuk Fiber Baja	15
2.4 Sisa Limbah Kawat Pada Bangunan Konstruksi.....	17
2.5 Gambar Pengujian Kuat Tekan	21
2.6 Gambar Pengujian Kuat Tarik Belah	22
2.7 Gambar Pengujian Kuat Tarik Lentur	23
2.8 Gambar Bidang Patah Di Dalam Kedua Beban	23
2.9 Gambar Bidang Patah Di Luar Kedua Beban <5%	24
2.10 Gambar Bidang Patah Di Luar Kedua Beban >5%	25
3.1 Sketsa Benda Uji Beton Silinder.....	34
3.2 Sketsa Benda Uji Beton Balok.....	34
3.3 Mesin Uji Kuat Tekan.....	35
3.4 Mesin Uji Kuat Lentur	36
3.5 Pengujian Kuat Lentur	36
3.6 Pengujian Kuat Tarik Belah	37
3.7 Pengujian Kuat Tekan	38
3.8 Bagan Alir Penelitian	39
4.1 Kurva Hubungan Kekuatan Tekan Beton Dengan W/C	43
4.2 Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 10mm	45
4.3 Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton Segar.....	47
4.4 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Setelah Di Uji Interval.....	62

4.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Belah Setelah Di Uji Interval.....	64
4.6 Grafik Hubungan Antara Kuat Lentur Setelah Di Uji Interval	65
5.1 Grafik Prosentase Penambahan Serat Pada Kuat Tekan Beton	72
5.2 Grafik Prosentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Beton.....	74
5.3 Grafik Prosentase Penambahan Serat Pada Kuat Lentur Beton.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Pemeriksaan dan Analisa Penelitian di Labolatorium Struktur dan Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang

Lampiran 2 : Tabel T dan Tabel Uji F

Lampiran 3 : Foto Kegiatan Pelaksanaan Pengecoran Penelitian

Lampiran 4 : Lembar Asistensi,dan Perbaikan Seminar Hasil Tugas Akhir

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era semakin maju ini, dimana terjadinya pembangunan untuk menunjang kehidupan yang lebih baik bagi masyarakat secara global. Dalam pelaksanaan pembangunan baik sarana dan prasarana era kaitannya dengan penggunaan beton. Beton yang memiliki kualitas baik dengan komposisi tepat sangat dibutuhkan sebagai bahan utama pada suatu bangunan.

Campuran beton juga dapat memanfaatkan bahan-bahan limbah yang tidak terpakai, seperti yang kita ketahui banyak sekali limbah yang sangat menumpuk dan mencemari lingkungan sekitar. Hal tersebut dapat memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah tidak terpakai agar dapat mengurangi tingkat pencemaran yang ada terhadap lingkungan, kita dapat ambil contoh yaitu limbah kawat yang sering dijumpai pada daerah konstruksi.

Beton sering dipakai secara luas sebagai bahan utama bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambahan, yang memiliki berbagai variasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada takaran tertentu. Campuran tersebut bila dijadikan satu dalam cetakan kemudian didiamkan maka akan terjadi reaksi kimia yang akan mengakibatkan mengerasnya semua bahan tersebut seperti batuan. Pengerasan tersebut terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, akan berlangsung selama waktu yang mana

proses pengerasan berlangsung seiring umur beton tersebut. Beton yang sudah keras dapat dikatakan sebagai batu tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) yang diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir) dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur dengan gaya-gaya tekan dominan. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang rendah serta bersifat getas (*brittle*), sehingga dalam menahan gaya tarik beton diberi baja tulangan. Penambahan baja tulangan belum memberikan menunjuk hasil yang cukup memuaskan. Karenan retak-retak melintang halus masih sering muncul didekat baja yang mendukung gaya tarik.

Dengan suatu perancangan khusus, kuat tarik beton ini dapat ditingkatkan sehingga mampu menahan tegangan tarik tanpa mengalami retakan. Salah satu cara adalah dengan penambahan serat-serat pada adukan beton sehingga retak-retak yang mungkin terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik akan ditahan oleh serat-serat tambahan ini, sehingga kuat tarik beton serat dapat lebih tinggi dibanding kuat tarik beton biasa.

Berbagai jenis bahan fiber yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat beton adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), *polymers*, asbes dan *carbon*. Di Indonesia, konsep pemakaian fiber baja pada adukan beton untuk struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan belum dipakai dalam praktek.

Dikarenakan harga yang relatif mahal serta dibutuhkan bahan serat dalam jumlah banyak dalam suatu campuran.

Berdasarkan tinjauan diatas maka penulisan skripsi ini memberikan solusi untuk mengatasi adanya retak pada beton yang terlalu besar dengan menambahkan serat limbah kawat yang diperoleh dari sisa buangan pada bangunan konstruksi. Dan pada penelitian ini beton diarahkan pada beton non structural yaitu pada panel dinding, dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas beton serta mengurangi limbah anorganik yang tidak dapat terurai oleh alam sehingga limbah kawat mempunyai manfaat sebagai fiber yang ekonomis. Dalam prosentase percampuran limbah kawat ditentukan dalam (1%, 1,5%, dan 2%) dari berat semen. Sehingga judul pada penelitian ini adalah ***“PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN PANJANG 2CM SEBAGAI PENINGKATAN TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE)” PADA PANEL DINDING.*** Penelitian dikerjakan dengan cara eksperimen di laboratorium setelah diasumsi secara teoritis .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan,maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Adakah pengaruh penambahan serat limbah kawat 2 cm pada sifat mekanis beton berserat ?
2. Berapa besar perbedaan mutu beton normal dengan beton campuran limbah kawat 2cm variasi kadar 0%,1%,1,5%, dan 2% ?
3. Berapa nilai presentase optimum pengujian beton yang diperoleh dari seluruh benda uji dengan campuran limbah kawat 2cm?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka diperoleh tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah kawat 2cm variasi kadar 0%, 1%, 1,5%, dan 2% terhadap sifat mekanis pada beton berserat.
2. Untuk mengetahui perbedaan mutu beton normal dengan beton campuran limbah kawat 2cm .
3. Untuk mengetahui nilai optimum pengujian beton yang diperoleh dari seluruh benda uji dengan campuran limbah kawat 2cm.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti.

Dapat memberikan kesempatan untuk berkontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pengaruh bahan tambahan limbah kawat terhadap sifat mekanis pada beton.

2. Bagi lembaga pendidikan dan Institusi terkait.

Dapat menambah perbendaharaan kepustakaan, khususnya mengenai beton sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses akademik.

3. Bagi masyarakat dan praktisi terkait.

Dapat memberikan informasi terhadap masyarakat tentang pemanfaatan bahan tambahan limbah kawat dalam campuran beton sebagai pertimbangan pemilihan suatu alternatif dalam meningkatkan kualitas beton.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh penambahan serat limbah kawat 2cm variasi kadar 0%,1%,1,5% , dan 2% terhadap sifat mekanis pada beton berserat ?
2. Menganalisa besar perbedaan mutu beton normal dengan beton campuran limbah kawat 2cm ?
3. Menganalisa nilai presentase optimum pengujian beton yang diperoleh dari seluruh benda uji dengan campuran limbah kawat 2cm ?

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

1. Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak adanya hubungan antara dua variable atau lebih, atau yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lainnya.
2. Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya hubungan antara dua variable atau lebih, atau yang menyatakan bahwa ada perbedaan antara perlakuan yang satu dengan yang lainnya.

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Dimana:

μ = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

μ_1 = Prosentase nilai stabilitas dengan penambahan serat kawat 0%

μ_2 = Prosentase nilai stabilitas dengan penambahan serat kawat 1%

μ_3 = Prosentase nilai stabilitas dengan penambahan serat kawat 1,5%

μ_4 = Prosentase nilai stabilitas dengan penambahan serat kawat 2%

Dengan menggunakan 5 benda uji pada masing-masing persentase.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh pemakaian serat kawat berkait pada kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan optimasi diameter serat oleh Ananta Ariatama, 2007.

Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa :

- a. Penambahan serat kawat dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton yang optimal pada beton serat dengan diameter 0,9 mm dan panjang 67,5 mm sebesar 58,63 Mpa atau mengalami peningkatan 14,67 % dari beton normal.
- b. Penambahan serat kawat dapat meningkatkan kuat tarik belah. Kuat tarik belah beton yang optimal pada beton serat dengan diameter 0,9 mm dan panjang 67,5 mm sebesar 6,86 Mpa atau mengalami peningkatan 33,46 % dari beton normal
- c. Penambahan serat kawat dapat meningkatkan kuat lentur beton. Kuat lentur beton yang optimal pada beton serat dengan diameter 0,9 mm dan panjang 54 mm sebesar 7,64 Mpa atau mengalami peningkatan 48,06 % dari beton normal.

2. Pengaruh penambahan kawat bendrat pada campuran beton terhadap kuat tekan beton oleh Nugraha Sagit Sahay,dan Giris Ngini, 2010.

Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa :

- a. Penambahan kawat bendrat tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kuat tekanbeton ringan.
- b. Kuat tekan rata rata beton ringan maksimum dihasilkan pada penambahan kawat bendrat 2% sebesar 20,37 Mpa.

3. Pengaruh penambahan serat jerami padi sebagai peredam suara dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik beton oleh Raisa Muharissa,dan Rahmi Karolina, 2010.

Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa :

- a. Penambahan serat jerami padi pada campuran beton dengan variasi penambahan 5%, 10%, 15% dan 20% dari volume beton berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan dari 242 Kg/cm² menjadi 171,56 Kg/cm² (70,76%), 166,39 Kg/cm² (68,61%), 131,8 Kg/cm² (54,35%), dan 129,72 Kg/cm² (53,49%) dari beton normal.
 - b. Kuat Nilai kuat tarik yang diperoleh menunjukkan grafik yang semakin menurun pada setiap penambahan variasi jerami padi yaitu dari 52,39 kg/cm², turun menjadi 38,31 kg/cm², 35,36 kg/cm², 25,49 kg/cm², dan 25,42 kg/cm².
4. Pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada beton ringan dengan teknologi gas terhadap kuat tekan, dan kuat tarik belah, oleh Purnawan Gunawan,Slamet Prayitno, dan Wahyu Aldoko,2015.

Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa :

- a. Nilai kuat tekan beton ringan umur 28 hari dengan presentase serat 0%, 0,5 %, 1%, 1,5 % dan 2% mengalami peningkatan 89,063 %, 36,979%, 13,542% 9,896%.

- b. Nilai kuat tarik belah beton ringan umur 28 hari dengan presentase serat 0%, 0,5 %, 1%, 1,5 % dan 2% mengalami peningkatan 77,778%, 70,149%, 67,330%, 37,645%.

2.2. Panel Dinding Non Struktural

Dinding atau lebih dikenal dengan tembok merupakan suatu bagian bangunan yang sangat penting secara fungsionalnya dalam suatu konstruksi bangunan. Dinding partisi merupakan elemen yang hanya digunakan sebagai pembatas tetapi tidak diijinkan untuk menerima beban struktur secara keseluruhan.

Pada umumnya dinding lebih familiar dengan pasangan batu bata merah atau pasangan batako dengan mortar sebagai lapisan terluar. Akan tetapi pasangan dinding konvensional tersebut memiliki kekurangan jika dilihat dari segi pelaksanaan, biaya, dan bobot yang lebih. Hal ini menjadi suatu rekomendasi untuk dapat menggunakan panel dinding yang tipis, ringan dan kuat.

Panel dinding merupakan elemen dinding yang biasanya dicetak menggunakan sistem pracetak (*pre-cast*). Proses pengerjaan dilakukan didalam pabrik dengan pengendalian dan pengawasan mutu (*quality control*) yang baik. Biasanya dalam proses pencetakan, elemen panel diletakan disuatu tempat yang kemudian divibrasi menggunakan meja getar atau alat lainnya yang terukur dan berkisar 2 MPa . Dalam hal kegempaan ini bertujuan untuk mengurangi kadar pori dalam beton panel sehingga panel lebih baik dalam menahan panas dan kedapan suara.

Panel dinding precast biasanya memiliki dimensi yang lebih tipis (± 8 cm) daripada dinding konvensional (± 12 cm), dan mempunyai syarat mutu dinding.

Bahan pengisi dinding harus memenuhi syarat mutu yang diizinkan untuk digunakan sebagai bahan bangunan sesuai dengan kelas mutu dinding.

Tabel 2.1 Persyaratan Kuat Tekan Minimum Dinding Sebagai Bahan Bangunan Menurut SNI 3- 03 49-1989.

Mutu	Kuat tekan minimum (MPa)
I	9.7
II	6.7
III	3.7
IV	2

2.3. Beton Berserat

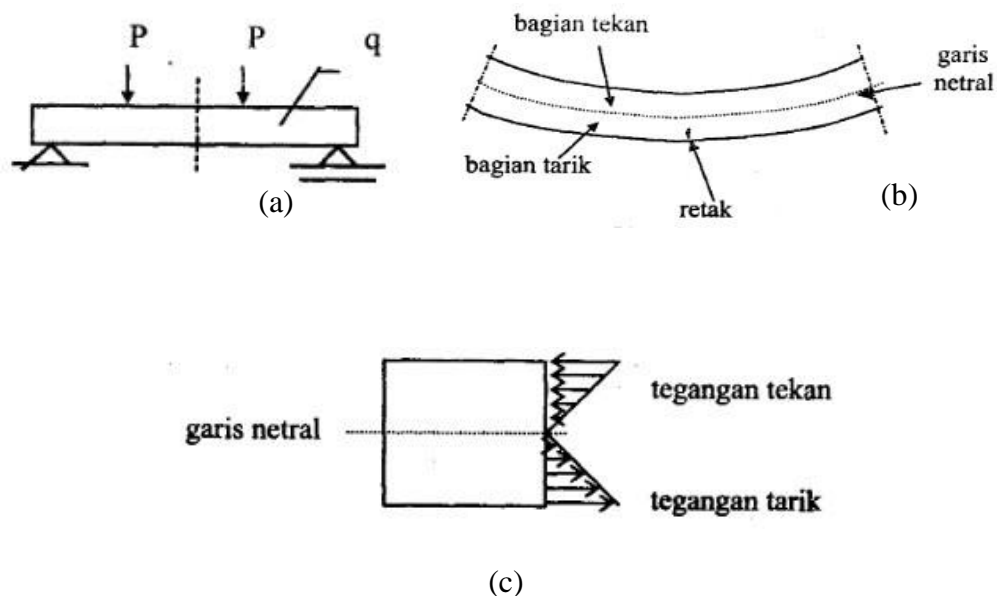
2.3.1. Deskripsi Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002).

Sifat dari bahan beton, yaitu sangat kuat untuk menahan tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan tarik. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya (Asroni, 2010).

Jika sebuah balok beton (tanpa tulangan) ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi-rol) dan di atas balok tersebut bekerja beban terpusat P serta beban merata q , maka akan timbul momen luar, sehingga balok akan melengkung ke bawah.

Pada balok yang melengkung ke bawah akibat beban luar ini pada dasarnya ditahan oleh kopel gaya-gaya dalam yang berupa tegangan tekan dan tarik. Jadi pada serat-serat balok bagian tepi atas akan menahan tegangan tekan dan semakin ke bawah tegangan tekan tersebut akan semakin kecil. Sebaliknya, pada serat-serat bagian tepi bawah akan menahan tegangan tarik dan semakin ke atas tegangan tariknya akan semakin kecil. Pada bagian tengah, yaitu pada batas antara tegangan tekan dan tarik, serat-serat balok tidak mengalami tegangan sama sekali (tegangan tekan maupun tarik bernilai nol). Serat-serat yang tidak mengalami tegangan tersebut membentuk suatu garis yang disebut garis netral (Asroni, 2010).



Gambar 2.1. Balok beton tanpa tulangan (a) balok dengan beban P dan q, (b) balok melengkung, (c) diagram tegangan beton)

Sumber : Asroni (2010)

2.3.2. Beton serat

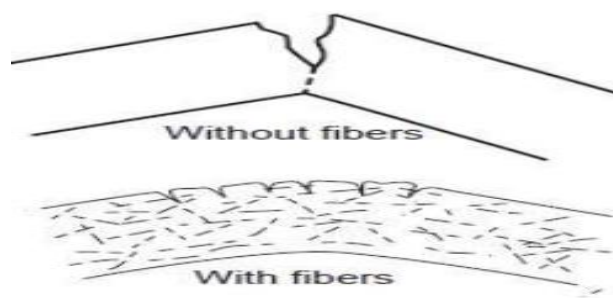
Pada dasarnya beton tanpa tulangan atau dikenal beton polos memiliki kelemahan pada kekuatan tarik hal ini disebabkan oleh material penyusun beton polos yang membentuk kesatuan elemen yang tingkat kegetasannya tinggi. Beton dengan sifat mekanik khususnya pada beban tarik dan lentur kurang sesuai jika diaplikasikan pada elemen yang membutuhkan sifat lentur yang tinggi. Oleh sebab itu untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut dengan harapan menaikkan sifat mekanik dari beton polos secara keseluruhan adalah dengan cara menambah tulangan susut atau yang dikenal dengan serat beton (*fiber-reinforced*) didalam material penyusun beton.

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) *Committee 544*, menjelaskan bahwa beton berserat (*fiber-reinforced concrete*) diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan *additive* (untuk menambah nilai kelecakan dari beton segar).

Tjokrodinuljo (1996) mendefinisikan beton serat (*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu

sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Serat baja dapat berupa potongan-potongan kawat atau dibuat khusus dengan permukaan halus / rata atau deform, lurus atau bengkok untuk memperbesar lekatan dengan betonnya. Serat baja akan berkarat dipermukaan beton, namun akan sangat awet jika didalam beton.



Gambar 2.2 perbandingan beton normal dengan beton serat (fiber concrete)

2.4. Serat

Menurut Wikipedia serat merupakan suatu jenis bahan berupa potongan – potongan yang membentuk jaringan memanjang yang utuh ataupun senyawa. Di dalam perencanaan beton berserat penggunaan fiber (serat) dapat meningkatkan kuat tarik dan mencegah retakan pada beton, mengurangi lendutan, meningkatkan kuat impact, serta mengurangi penyusutan (shrinkage). Penambahan serat pada campuran beton dapat memperbaiki karakteristik beton. Ada beberapa jenis serat diantaranya :

2.4.1. Serat Baja

Kelebihan serat ini adalah kekuatan dan modulusnya yang tinggi, tetapi serat ini juga mempunyai kelemahan yaitu sangat korosif. Hal ini akan sangat terasa

bila ada sebagian dari serat yang tidak terlindung / tertutup beton. Ada beberapa jenis fiber baja yang biasa digunakan (Soroushian dan Bayasi, 1991) :

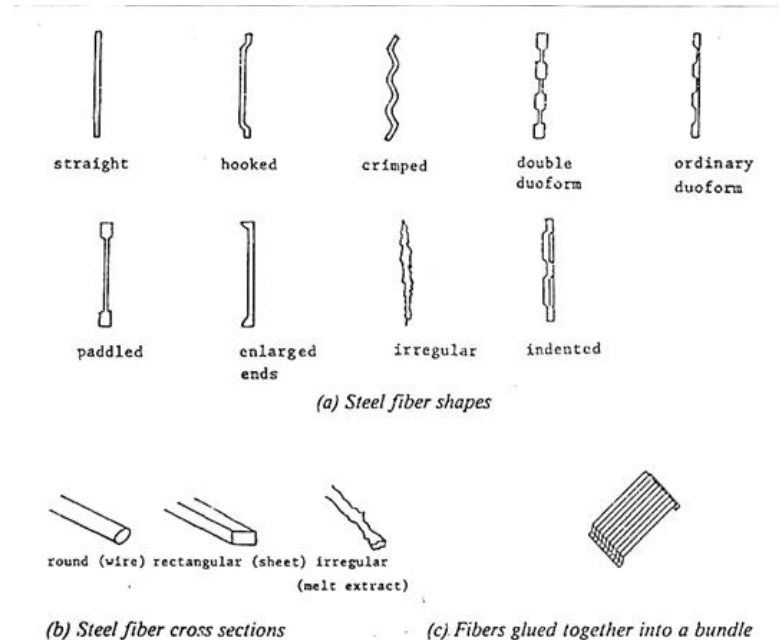
1. Bentuk fiber baja (*steel fiber shapes*)

- a. Lurus (Straight)
- b. Berkait (Hooked)
- c. Bergelombang (Crimped)
- d. Double end Form
- e. Ordinary end Form
- f. Bundel (Paddled)
- g. Kedua ujung ditekuk (Enlarged Ends)
- h. Tidak teratur (Irregular)
- i. Bergerigi (Indented)

2. Penampang fiber baja (*steel fiber cross section*)

- a. Lingkaran atau kawat (*round* atau *wire*)
- b. Persegi atau lembaran (*rectangular* atau *sheet*)
- c. Tidak teratur atau bentuk dilelehkan (*Irregular* atau *Melt extract*)

3. Fiber dilekatkan bersama dalam satu ikatan (fiber glued together into a bundle)



Gambar 2.3. Berbagai Tipe Bentuk Fiber Baja

2.4.2. Serat Polypropelene

Adalah salah satu jenis serat plastik. Sifat serat ini adalah tidak menyerap air semen, modulus elastisitas rendah, mudah terbakar, kurang tahan lama, dan titik lelehnya yang rendah.

2.4.3. Serat Kaca

Sifat serat ini adalah berat jenisnya rendah, modulus elastisitas kecil dan kurang tahan terhadap pengaruh alkali.

2.4.4. Serat Kevlar

Serat ini mempunyai modulus elastisitas dan kuat tarik yang tinggi, tetapi harganya mahal sehingga jarang digunakan.

2.4.5. Serat Karbon

Serat ini juga relatif mahal. Serat ini sering dipakai untuk beton yang harus mempunyai ketahanan terhadap retak yang tinggi.

2.4.6. Serat Kawat

Dalam ACI Comitte 544 dikatakan bahwa semua material yang terbuat dari baja / besi yang berbentuk fisik kecil / pipih dan panjang dapat dimanfaatkan sebagai serat pada beton. Dalam ACI Comitte 544 secara umum fiber baja panjangnya antara 0,5 in (12,77 mm) sampai 2,5 in (63,57 mm) dengan diameter antara 0,017 in (0,45 mm) sampai 0,04 in (1,0 mm).

Serat ini banyak tersedia di Indonesia dan harganya yang murah. Briggs (1974) meneliti bahwa batas maksimal yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengadukan dengan mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan serat dengan aspek rasio ($l/d < 100$). Pembatasan nilai l/d tersebut didukung dengan usaha-usaha untuk meningkatkan kuat lekat serat dengan membuat serat dari berbagai macam konfigurasi, seperti bentuk spiral, berkait, bertakik – takik atau bentuk-bentuk yang lain untuk meningkatkan kuat lekat serat.

Penambahan serat pada adukan beton dapat menimbulkan masalah pada *fiber dispersion* dan kelecakan (*workability*) adukan. *Fiber dispersion* dapat diatasi dengan memberikan bahan tambah berupa *superplastisizer* ataupun dengan meminimalkan diameter agregat maksimum, sedangkan pada *workability* adukan beton dapat dilakukan dengan modifikasi terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi kelecakan adukan beton yaitu nilai faktor air semen (*fas*), jumlah

dan kehalusan butiran semen, gradasi campuran pasir dan kerikil, tipe butiran agregat, diameter agregat maksimum serta bahan tambah.

Pada Penelitian ini serat kawat yang di pakai merupakan sisa limbah kawat yang tidak terpakai di dalam konstruksi gedung. Limbah yang diambil adalah kawat bendrat dengan diameter 1.05 mm dengan berat jenis kawat bendrat $6,68 \text{ gr/cm}^3$ dan kawat putih berdiameter 1.2 mm dengan perbandingan campuran 1:1 yang di pontong sepanjang 4cm. Variasi limbah kawat yang di campur pada campuran beton berserat ini menggunakan presentasi mulai dari 0% , 1% , 1,5% dan 2% dari berat semen.



Gambar 2.4. Sisa limbah kawat yang tidak terpakai

Tabel 2.2. Sifat berbagai macam serat (Mindess et al.,2003)

Tipe Serat	Diameter Mm	Berat Jenis	Modulus Elastisitas	Kuat Tarik (Mpa)	Regangan Batas (%)
Baja	5-500	7,84	200	0,5-2,0	0,5-3,5
Kaca	9-15.	2,6	70-80	2,0-4,0	2,0-3,5
Asbestos					
Crocidolite	0,02-0,4	3,4	196	3,5	2,0-3,0
Chrysotile	0,02-0,4	2,6	164	3,1	2,0-3,1
Polypropylene	6-200	0,91	5-77,0	0,15-0,75	15
Aramid (kevlar)	10	1,45	65-133	3,6	2,1-4,0
Carbon					
Polyacrilonitrile	7,0-9,0	1.6-1,7	230-380	2,5-4,0	0,5-1,5
Pitch	9,0-18	1,6-2,15	28-480	0,5-3,0	0,5-2,4
Nylon	20-200	1,1	4	0,9	13-15
Cellulose	-	1,2	10	0,3-0,5	-
Polyethylene	25-1000	0,95	0,3	0,08-0,6	3,0-80
Sisal	10,0-50	1,5	13-26	0,3-0,6	3,0-5,0
Serat Kayu (pulp)	25-75	1,5	71	0,7-0,9	-

2.5. Variabel Beton Berserat

Dalam pembuatan atau perancangan beton berserat ada beberapa variabel yang berpengaruh terhadap beton berserat yang dihasilkan, diantaranya :

a. Fiber Aspect Ratio

Fiber aspect ratio adalah perbandingan antar panjang fiber (l) dan diameter (d). Dari penelitian terdahulu (Sudarmoko) penggunaan aspek rasio serat yang tinggi akan mengakibatkan terjadi *balling effect*, yaitu penggumpalan serat membentuk suatu bola serat dimana serat tidak tersebar merata. Oleh karena itu disarankan penggunaan serat dengan aspek rasio rendah ($l/d < 50$), tetapi bila panjang fiber terlalu pendek pengaruh fiber akan kurang signifikan.

b. Fiber Volume Fraction

Yaitu volume fiber yang ditambahkan pada tiap satuan volume beton. Tiap jenis fiber mempunyai prosentase volume optimal yang dapat memperbaiki sifat-sifat beton berserat.

c. Mutu Beton

Berbeda dengan beton mutu normal, penambahan serat fiber pada beton mutu dimana prosentase airnya lebih sedikit dibandingkan beton mutu normal dimungkinkan terjadinya tingkat *workability* yang rendah. Hal ini akan menyulitkan pengerjaan di lapangan bila tidak diantisipasi. Penambahan *additive* tertentu akan menjadikan beton berserat akan lebih mudah dikerjakan.

d. Bentuk Permukaan fiber

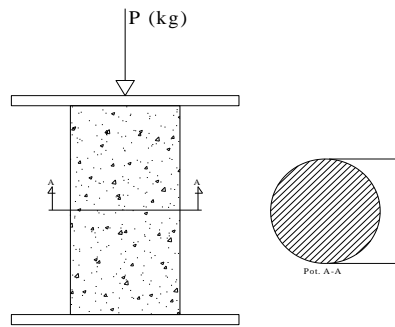
Daya lekat (bond) antara fiber dan beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton fiber. Makin besar lekatannya maka sifat-sifat mekanik beton akan semakin baik. Tegangan beton akan ditransfer dari beton ke serat melalui lekatan tersebut sampai beton mengalami retak-retak. Semakin kasar permukaan fiber maka lekatannya akan makin kuat, sehingga pada fiber baja dikembangkan bentuk – bentuk penampang yang bervariasi.

e. Metode / Cara Pencampuran

Penyebaran fiber pada adukan beton tergantung cara / teknik pencampurannya. Ada dua cara pencampuran yaitu pencampuran kering dan pencampuran basah yang keduanya boleh dilakukan tergantung pada jenis fiber yang digunakan. Pencampuran kering adalah dengan mencampurkan fiber pada beton sebelum dituang air, Sebaliknya pencampuran basah fiber dicampurkan setelah adukan beton dituang air.

2.6. Pengujian kuat tekan beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).



Gambar 2.5 Pengujian Kuat Tekan

Rumus untuk mendapatkan kuat tekan:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

f_c = Kuat Tekan [MPa]

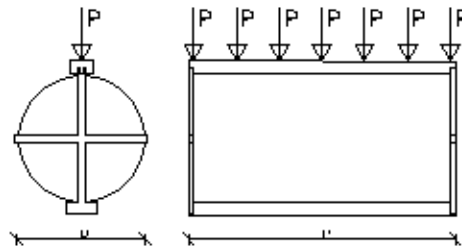
P = Beban maksimum [kN]

A = Luas Penampang [mm^2]

2.7. Pengujian kuat tarik belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan silinder beton yang diperoleh dari pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar pada permukaan

meja penekan mesin uji tekan sampai benda uji hancur, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.



Gambar 2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil dari pengujian ini kemudian dihitung menggunakan rumus:

$$F_{ct} = \frac{2P}{LD} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan pengertian :

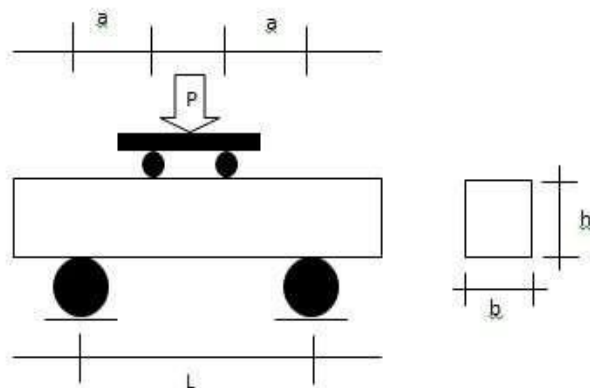
- F_{ct} = kuat tarik – belah dalam MPa
- P = beban uji maksimum (beban belah / hancur) dalam newton (N) yang ditunjukkan mesin uji tekan
- L = panjang benda uji dalam mm
- D = diameter benda uji dalam mm

2.8. Pengujian Kuat tarik lentur beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

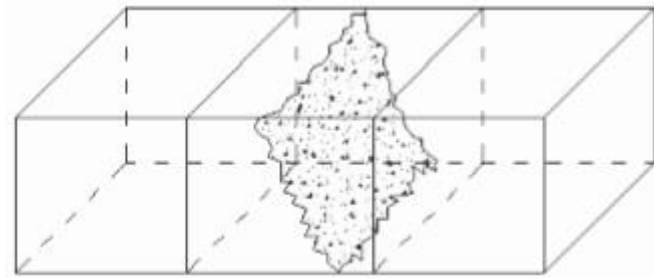
Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni seperti Gambar 2.7 .



Gambar 2.7 Pengujian Kuat Tarik Lentur

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan adalah :

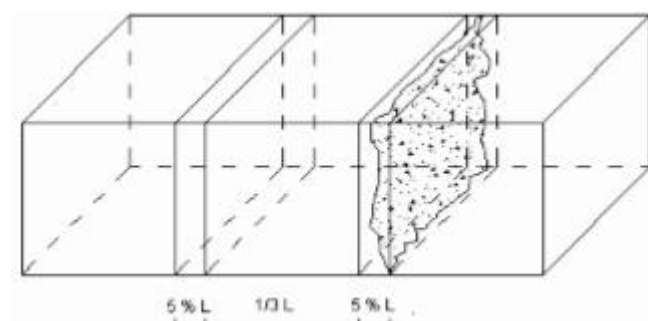
- a) Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di dalam kedua beban,
maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :



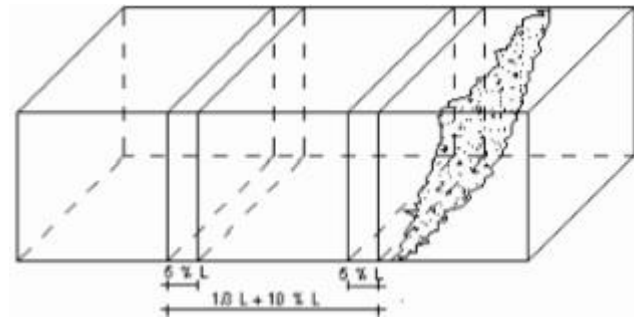
Gambar 2.8 Bidang Patah Di Dalam Kedua Beban

$$f_r = \frac{P.L}{bd^2} \dots\dots\dots(3)$$

- b) Untuk pengujian dimana bidang mengalami patah di luar kedua beban atau pada jarak 5% terhadap beban. maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut :



Gambar 2.9 Bidang Patah Di Luar Kedua Beban <5%



Gambar 2.10 Bidang Patah Di Luar Kedua Beban >5%

$$f_r = \frac{P \cdot a}{b d^2} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

f_r = Kuat Tarik Lentur [MPa] .

P = Beban pada waktu lentur [kN] .

L = Jarak antara tumpuan yang satu dengan yang lain [mm].

b = Lebar penampang balok [mm].

d = Tinggi penampang balok [mm].

a = Jarak dari bidang patah kepada tumpuan yang terdekat [mm].

2.9. Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita. bahwa interval yang terbentuk memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval

kepercayaan yang sering digunakan adalah 90 %, 95 % atau 99 %. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan. Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan. Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan berada pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengujian Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$x - \left(t_p \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_p \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Dimana:

X = Nilai rata-rata dari data yang diuji

S = Standar deviasi

$P = \text{Persentil} = \frac{1}{2} (1 + \text{interval konfidensi})$

$t_p = \text{nilai } t \text{ pada persentil } P \text{ yang dipilih}$

$n = \text{jumlah data}$

2.10. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (*Sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$JK(b|a) = \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right)$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

Keterangan:

X = Variabel bebas.

Y = Data hasil pengujian.

n = Jumlah data.

2.11. Pengertian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta fakta empirik yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

1. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, Dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
3. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

2. Hipotesis alternatif (H_a): yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis : $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Dari berbagai macam cara merumuskan hipotesa penelitian, yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Distribusi Student (t)

Hampir sama dengan distribusi normal, dimana distribusi ini juga dijuluki *kurva lonceng (bell curve)* karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33)

- b. Distribusi Fisher (F)

Memperbandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji variance yang mengikuti distribusi f.

Untuk pembuktian hipotesis diperlukan rumus – rumus sebagai berikut:

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

$$KT = \frac{JK}{dk}$$

$$F_{hitung} = \frac{KT(antar\ perlakuan)}{KT(kekeliruan)}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
n = Banyak pengamatan
J = Jumlah dari data-data pengamatan
k = Variasi perlakuan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian Secara Operasional

Secara operasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perbedaan sifat mekanis dari beton konvensional dan beton dengan penambahan serat kawat untuk pengtesan 28 hari.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang yang dimulai dari pengujian bahan, rancangan campuran, pelaksanaan pengecoran, perawatan benda uji, dan pengtesan benda uji.

3.3. Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- 3.3.1.** Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori – teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
- 3.3.2.** Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data – data yang diperlukan. Data – data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Adapun langkah – langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat isi.
2. Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus.
3. Pemeriksaan agregat kasar lewat saringan No.10
4. Pemeriksaan kotoran organik.
5. Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus.
6. Pemeriksaan kadar air agregat.
7. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat .
8. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.
9. Pengujian keausan agregat (abrasi test) dengan menggunakan alat Los Angeles.
10. Pemotongan dan pembersihan serat limbah kawat.
11. Perencanaan campuran benda uji.
12. Pembuatan benda uji.
13. Pengujian benda uji.

3.4. Populasi dan Sampel

Populasi adalah seluruh objek yang akan diteliti. Pada penelitian ini benda uji keseluruhan dapat disebut Populasi. Benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel. Ditentukan variasi campuran dan jumlah sampel (benda uji) sebagai berikut:

Tabel 3.1. Variasi Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Kawat (%)	Jenis Pengujian	Umur	Tanggal		Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
			Pembuatan	Pengujian		
0	Kuat Tekan	28	17-01-2017	14-02-2017	S15 x 30	5
1	Kuat Tekan	28	19-01-2017	16-02-2017	S15 x 30	5
1.5	Kuat Tekan	28	19-01-2017	16-02-2017	S15 x 30	5
2	Kuat Tekan	28	19-01-2017	16-02-2017	S15 x 30	5

Tabel 3.2. Variasi Pengujian Kuat Tarik Belah

Variasi Kawat (%)	Jenis Pengujian	Umur	Tanggal		Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
			Pembuatan	Pengujian		
0	Kuat Belah	28	19-01-2017	16-02-2017	S15 x 30	5
1	Kuat Belah	28	20-01-2017	17-02-2017	S15 x 30	5
1.5	Kuat Belah	28	20-01-2017	17-02-2017	S15 x 30	5
2	Kuat Belah	28	20-01-2017	17-02-2017	S15 x 30	5

Tabel 3.3. Variasi Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton

Variasi Kawat (%)	Jenis Pengujian	Umur	Tanggal		Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
			Pembuatan	Pengujian		
0	Kuat Lentur	28	19-01-2017	16-02-2017	B60 x 15 x 6	3
1	Kuat Lentur	28	19-01-2017	16-02-2017	B60 x 15 x 6	3
1.5	Kuat Lentur	28	20-01-2017	17-02-2017	B60 x 15 x 6	3
2	Kuat Lentur	28	21-01-2017	18-02-2017	B60 x 15 x 6	3

3.5. Alat dan Bahan Penelitian

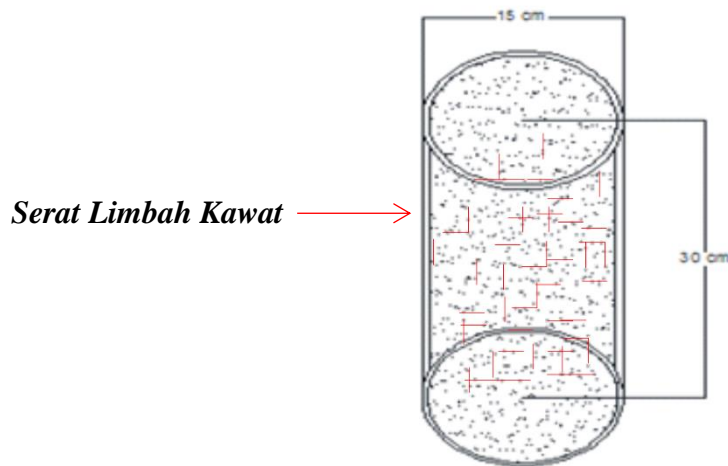
Studi penelitian ini memerlukan peralatan dan bahan, baik untuk analisa pendahuluan maupun percobaan secara keseluruhan.

3.5.1. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini:

- Semen : Semen Gresik
- Agregat Halus (pasir) : Pasir Lumajang
- Agregat Kasar (kerikil) : Batu Pecah
- Air : Air PDAM
- Serat : Variasi Limbah Kawat

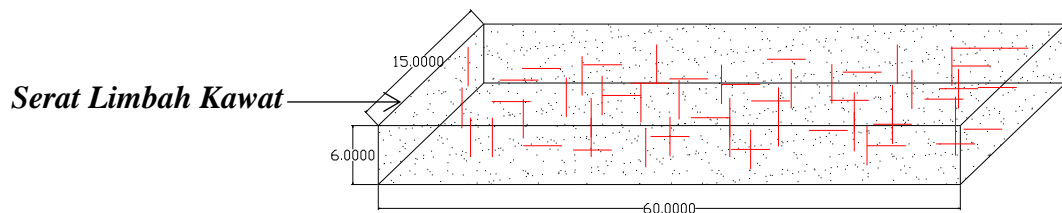
3.6. Model Benda Uji

- a) Analisa kekuatan tekan dan kuat Tarik belah pada panel dinding beton dengan campuran limbah kawat secara (random) acak pada beton, yaitu pada benda uji silinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm, yang tergambar pada sketsa berikut :



Gambar 3.1 Sketsa Benda Uji Beton Tekan dan Belah Bercampur Dengan Serat Limbah Kawat Secara Acak (Random)

- b) Analisa kekuatan tarik lentur pada panel dinding beton dengan campuran limbah kawat secara (random) acak pada beton, yaitu pada balok beton dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15cm dan tebal 6cm, yang tergambar pada sketsa berikut :



Gambar 3.2 Sketsa Benda Uji Beton Tarik Lentur Bercampur Dengan Serat Limbah Kawat Secara Acak (Random)

3.7 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur dari setiap benda uji.

3.7.1 Tujuan

Menentukan kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, dan kekuatan tarik lentur beton yang dibuat dan dirawat (*cured*) di laboratorium.

3.7.2 Peralatan Pengujian

- a) Timbangan
- b) Mesin penguji kuat tekan
- c) Mesin penguji kuat tarik lentur



Gambar 3.3. Mesin Uji Kuat Tekan

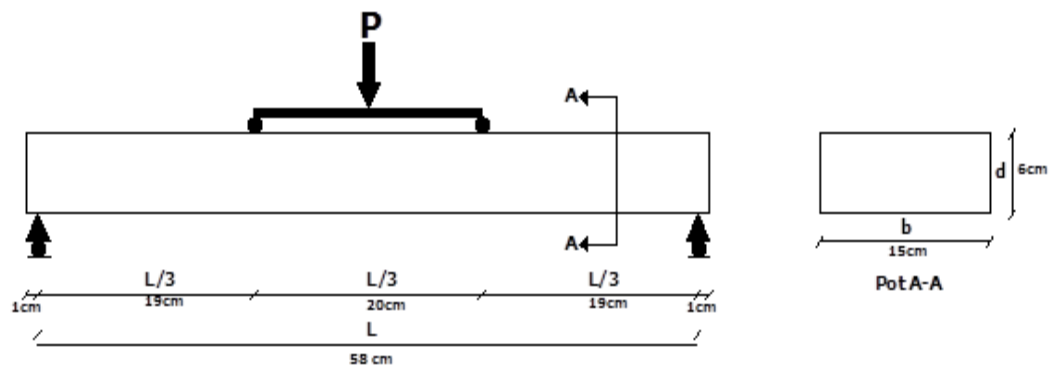
Sumber : Hasil foto di labolatorium beton kampus ITN 1



Gambar 3.4. Mesin Pengujian Kuat Lentur

Sumber : Hasil foto di labolatorium beton kampus ITN 1

3.7.3. Pengujian Kuat Tarik Lentur :

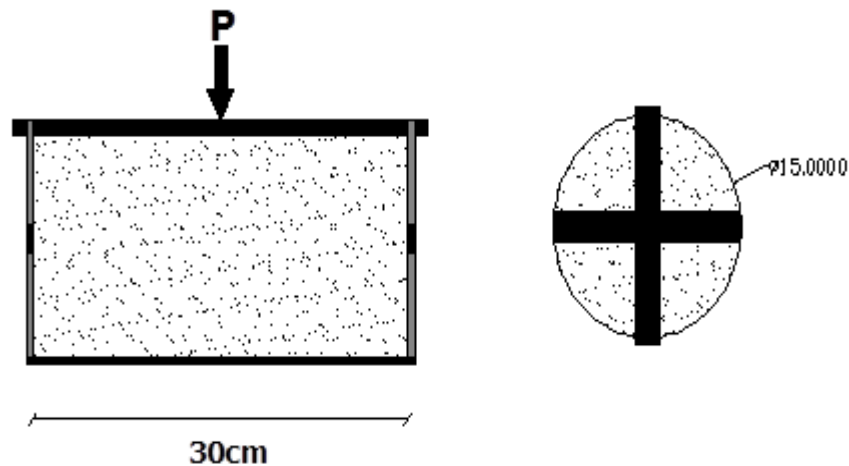


Gambar 3.5. Pengujian Kuat Lentur

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- Timbang dan catatlah berat benda uji.
- Letakkan benda uji pada mesin lentur seperti pada gambar 3.6.3.
- Jalankan mesin uji lentur.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji patah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji patah.

- f. Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.

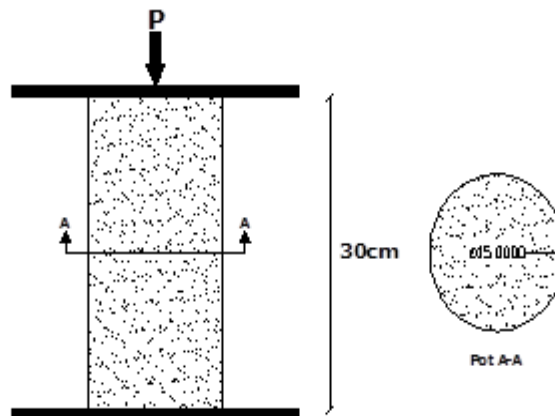
3.7.4. Pengujian Kuat Tarik Belah:



Gambar 3.6 Pengujian Kuat Tarik Belah

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- Timbang dan catatlah berat benda uji.
- Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan seperti pada gambar 3.6.4.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur – angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² tiap detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- Lakukan langkah – langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.

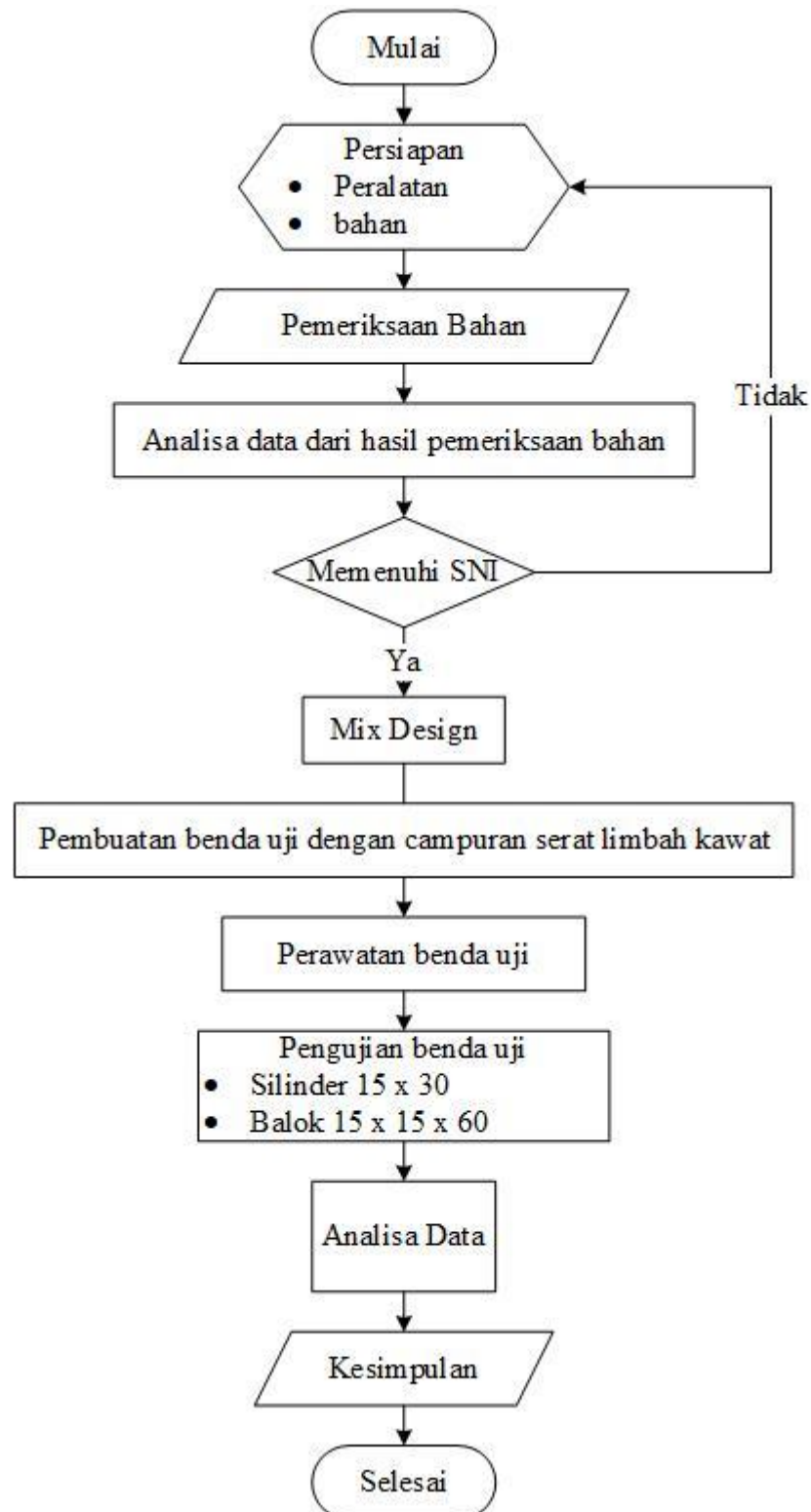
3.7.5 Pengujian Kuat Tekan:



Gambar 3.7 Pengujian Kuat Tekan

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- Timbang dan catatlah berat benda uji.
- Letakkan benda uji pada mesin tekan seperti pada gambar 3.3.
- Jalankan mesin tekan.
- Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- Lakukan langkah – langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.

3.7. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.8. Bagan Alir Penelitian

BAB 4

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Perencanaan Campuran (Mix Design)

Perencanaan campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DOE (Department of environment) atau biasa disebut metode British 1986. Perencanaan ini dipakai sebagai standar perencanaan oleh departemen pekerjaan umum yang dimuat dalam SNI 03-2834-1993 tentang tata cara pembuatan campuran beton normal. Adapun langkah-langkah dapat kami bahas sebagai berikut:

Seperti perancangan dengan metode-metode yang telah diuraikan, hal pertama yang harus diperhatikan adalah bahwa prasyarat yang ditentukan haruslah dipenuhi sebelum melangkah ke proses perhitungan untuk menentukan komposisi campurannya.

Pada DOE persyaratan yang menyangkut gradasi agregat yang harus dipenuhi yang ditunjukkan oleh besarnya presentase berat lolos kumulatif saringan tertentu untuk beberapa ukuran diameter maksimum butiran tercantum dalam BS 882 : 1983 sebagai standar mengenai agregat dari sumber alam untuk beton yang disahkan kembali pada tahun berikutnya.

4.2 Perencanaan Campuran Beton Mutu $F'_c = 17 \text{ Mpa}$

4.2.1 Data Perencanaan

- F'_c Rencana = 17 Mpa
- Slump Rencana= 100 mm
- Agregat Kasar Maksimum= 20 mm
- Agregat Halus yang Digunakan= Pasir Lumajang
- Direncanakan Volume Beton = < 1000
- Umur Pengujian = 28 hari
- Jenis Agregat kasar = Dipecah
- Ukuran Agregat Maksimum = 20 mm
- Agregat yang Digunakan = Zona II
- Berat Jenis Agregat Halus = 2.689
- Berat Jenis Agregat Kasar = 2.722

4.2.2 Menentukan Kuat Tekan Rencana

Tabel 4.1 Standart Devisiasi Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (MPa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Berdasarkan data perencanaan volume beton yang direncanakan < 1000

dapat di gunakan standart devisiasi yang Baik 5.5 < S < 6.5

- Maka standar Devisiasi yang digunakan 6

$$F'_{cr} = F'_c + 1.34 \times S$$

$$= 20 + 1.34 \times 6$$

$$= 28.04 \text{ Mpa}$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 \times S - 3.5$$

$$= 20 + 2.33 \times 6 - 3.5$$

$$= 30.48 \text{ Mpa}$$

Dari Perhitungan F'cr diatas diambil yang terbesar yaitu = 30.48 Mpa.

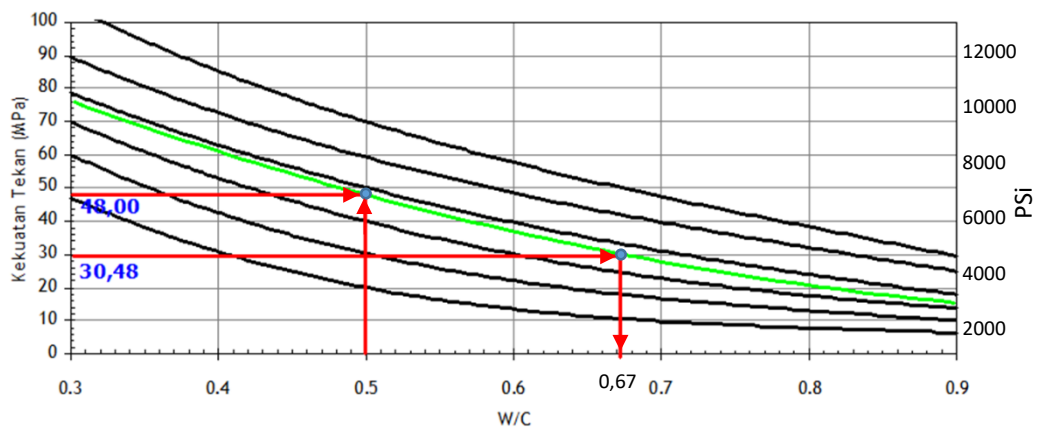
4.2.3 Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Tabel 4.2 Perkiraan Kekuatan tekan beton dengan Faktor air semen (W/C)=0,5

Tipe Semen	Jenis Agregat kasar	Kekuatan Tekan (Mpa) Pada Umur (Hari)			
		3	7	28	91
Tipe I	Tidak Dipecah	22	31	43	50
Tipe II	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak Dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Dari tabel diatas dapat di tentukan kuat tekan beton dengan faktor air semen (W/C) = 0,5 dengan Tipe Semen II dan jenis agregat Dipecah dengan umur Rencana 28 hari = 48



Gambar 4.1 Kurva Hubungan kekuatan tekan Beton dengan W/C

Sumber : (SNI 03-2847-2002)

dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,67

4.2.4 Menentukan Jumlah Air Bebas

Kuantitas semen yang dibutuhkan dalam perencanaan dapat dihitung dengan menggunakan data banyaknya air bebas yang diperlukan untuk setiap kubikasi beton, seperti tercantum pada tabel 5 berikut :

Tabel 4.3 Perkiraan jumlah air bebas yang diperlukan untuk memberikan tingkat workability tertentu

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Tidak dipecah	150	180	205	225
	Dipecah	180	205	230	250
20	Tidak dipecah	135	160	180	195
	Dipecah	170	190	210	225
40	Tidak dipecah	115	140	160	175
	Dipecah	155	175	190	205

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Degan Ukuran Agregat Maksimum = 20 dan Tinggi Slump rencana 100 mm.

Maka diantara 60 – 180 dalam tabel diatas bahwa W (Kadar Air Bebas) :

Wf = 195 dan Wc = 225

Dimana :

Wf = Perkiraan Jumlah air untuk agregat halus Tidak di Pecah

Wc = Perkiraan Jumlah air untuk agregat Kasar di Pecah.

Sehingga jumlah air bebas dalam campuran dapat di tentukan sebagai berikut:

$$\bullet \quad W = \frac{2}{3} \times W_f + \frac{1}{3} \times W_c$$

$$= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

$$= 205.000 \text{ Kg}$$

- Jumlah semen (PC)

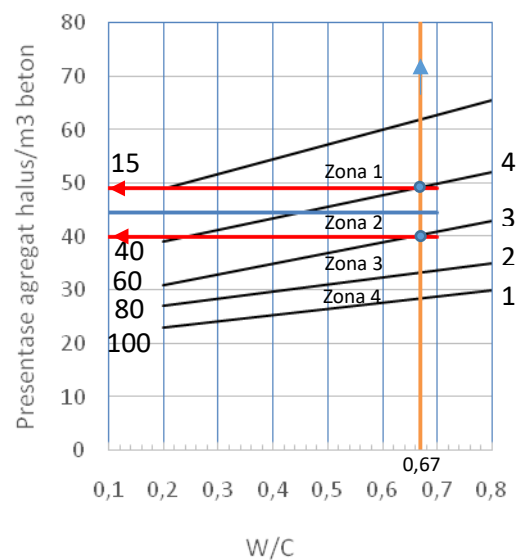
$$= \frac{W}{f_{as}}$$

$$= \frac{205}{0.67}$$

$$= 305,97 \text{ Kg}$$

4.2.5 Menentukan Persentase Agregat Halus dan Kasar

Dalam Perencanaan Beton ini menggunakan diameter agregat maksimum 10 mm dan tinggi slump yang digunakan 60 - 180 mm maka menggunakan grafik :



Gambar 4.2 Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum agregat 10 mm

Sumber : SNI (03-2847-2002)

Dari gambar diatas dimasukkan data f.a.s 0.660 maka di dapat Prosentase agregat halus 40.00% dan 48.00%.

Untuk nilai prosentase agregat halus adalah rata - rata dari data yang diperoleh dari gambar diatas :

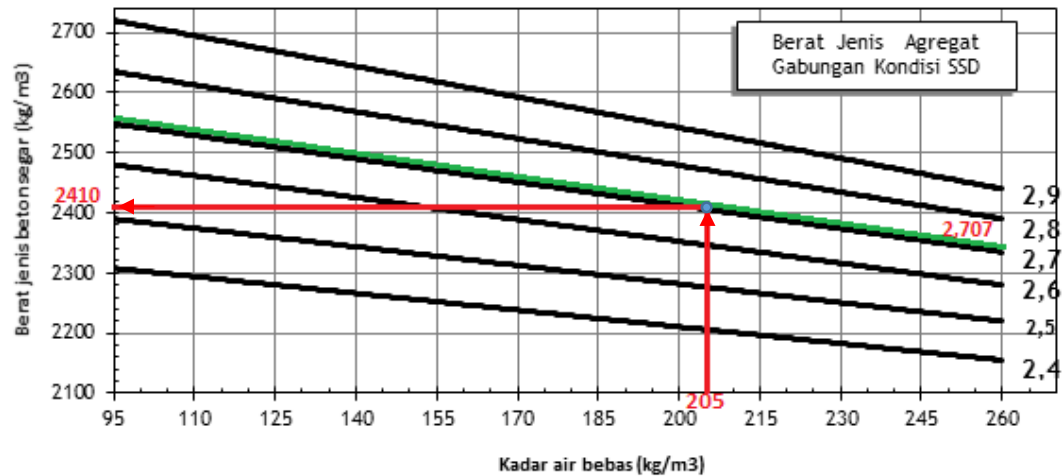
- Agregat Halus
$$= \frac{40.00\% + 48.00\%}{2} = 44.00\%$$
- Agregat Kasar
$$= 100\% - 44.00\% = 56.00\%$$

4.2.6 Mencari Berat Jenis Agregat Gabungan (SSD)

$$\begin{aligned}\text{SSD} &= \% \text{ Ag Halus} \times \text{BJ Ag Halus} + \% \text{ Ag Kasar} \times \text{BJ Ag Kasar} \\ &= 44.00\% \times 2.689 + 56.00\% \times 2.722 \\ &= 2.707\end{aligned}$$

4.2.7 Menentukan Berat Jenis Beton Segar

Perkiraan berat jenis beton segar dapat dihitung dengan menggunakan bantuan grafik hubungan antara jumlah air bebas dengan specific gravity gravity gabungan seperti pada gambar 11 berikut :



Gambar 4.3 : Grafik perkiraan berat jenis beton segar

Sumber : SNI (03-2847-2002)

- Jumlah total agregat = BJ beton segar – Jumlah semen – Kadar air bebas

$$= 2410 - 305,97 - 205$$

$$= \mathbf{1899,03 \text{ kg}}$$
- Berat agregat halus = % Agregat halus x Jumlah total agregat

$$= 44\% \times 1899,03$$

$$= \mathbf{835,573 \text{ kg}}$$
- Berat agregat kasar = % Agregat kasar x Jumlah total agregat

$$= 56\% \times 1899,03$$

$$= \mathbf{1063,457 \text{ kg}}$$

Jadi, perbandingan campuran beton untuk kondisi SSD :

- Semen = 305,97 kg
- Agregat Halus = 835,573 kg
- Agregat Kasar = 1063,457 kg
- Air = 205 kg

4.2.8 Menentukan komposisi campuran beton kondisi lapangan

Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

- Kadar air agregat halus (Asli) = 1,21 % (table 4.7)
- Kadar air agregat kasar (Asli) = 1,45 % (table 4.6)
- Kadar air agregat halus (SSD) = 0,88 % (table 4.7)
- Kadar air agregat kasar (SSD) = 1,94 % (table 4.6)

- Menentukan kelebihan air dalam agregat halus :

$$= (\% \text{ Kadar air agregat halus Asli} - \% \text{ Kadar air agregat halus SSD}) \times \text{berat agregat halus}$$

$$= (1,21 \% - 0,88 \%) \times 835,573$$

$$= 2,757 \text{ kg/m}^3$$

- Menentukan kelebihan air dalam agregat kasar :

$$= (\% \text{ Kadar air agregat kasar Asli} - \% \text{ Kadar air agregat kasar SSD}) \times \text{berat agregat kasar}$$

$$= (1,45 \% - 1,94 \%) \times 1063,457$$

$$= -5,21 \text{ kg/m}^3$$

- Menentukan jumlah agregat halus :

$$= (\text{Berat agregat halus} + \text{kelebihan air dalam agregat halus})$$

$$= (835,573 + 2,757)$$

$$= 838,33 \text{ kg/m}^3$$

- Menentukan jumlah agregat kasar :

$$= (\text{Berat agregat kasar} + \text{kelebihan air dalam agregat kasar})$$

$$= (1063,457 - 5,21)$$

$$= 1058,247 \text{ g/m}^3$$

- Menentukan jumlah air :

$$= (\text{Kadar air bebas} - \text{Kelebihan air dalam agregat halus} - \text{Kelebihan air dalam agregat kasar})$$

$$= (205 - 2,757 - (-5,21))$$

$$= 207,453 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, perbandingan campuran untuk kondisi lapangan (asli) :

$$\text{➤ Semen} = 305,97 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{➤ Agregat halus} = 838,33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{➤ Agregat kasar} = 1058,247 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{➤ Air} = \underline{207,453 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 2410 \text{ kg/m}^3 = \text{Beton segar}$$

Dengan perbandingan Semen : Pasir : Kerikil = 1 : 2,74 : 3,46

4.2.9 Menghitung kebutuhan bahan campuran beton

Didalam penelitian ini terdapat 2 buah begisting dalam cetakan beton silinder untuk uji kuat tekan dan tarik belah sedangkan begisting balok untuk uji kuat lentur :

- Silinder

- Volume $= \pi \cdot r^2 \cdot t$
 $= 3,14 \times 0,075^2 \times 0,3$
 $= 0,00529 \text{ m}^3/\text{silinder}$

- Untuk 5 silinder $= 5 \times 0,00529$
 $= 0,0265 \text{ m}^3$

- Kebutuhan bahan agregat untuk silinder dengan menggunakan factor kehilangan = 1,15

- Semen $= 0,0265 \times 305,97 \times 1,15$
 $= 9,322 \text{ kg}$

- Pasir $= 0,0265 \times 838,33 \times 1,15$
 $= 25,543 \text{ kg}$

- Kerikil $= 0,0265 \times 1058,247 \times 1,15$
 $= 32,243 \text{ kg}$

- Air $= 0,0265 \times 207,453 \times 1,15$
 $= 6,319 \text{ kg}$

- Balok

- Volume $= p.l.t$
 $= 0,6 \times 0,15 \times 0,06$
 $= 0,0054 \text{ m}^3/\text{balok}$
- Untuk 3 balok $= 3 \times 0,00054$
 $= 0,0162 \text{ m}^3$
- Kebutuhan bahan agregat untuk balok dengan menggunakan factor kehilangan = 1,15
 - Semen $= 0,0162 \times 305,97 \times 1,15$
 $= 5,7 \text{ kg}$
 - Pasir $= 0,0162 \times 838,33 \times 1,15$
 $= 15,618 \text{ kg}$
 - Kerikil $= 0,0162 \times 1058,247 \times 1,15$
 $= 19,715 \text{ kg}$
 - Air $= 0,0162 \times 207,453 \times 1,15$
 $= 3,864 \text{ kg}$

4.2.10 Menghitung kebutuhan serat limbah kawat

Di dalam penelitian ini terdapat 2 jenis limbah kawat yaitu kawat bendrat dan kawat putih dengan menggunakan perbandingan campuran 1:3 dari berat semen sehingga terdapat pengurangan bahan semen agar tidak menambah berat beton semula. Berikut ini merupakan kebutuhan berat campuran dari limbah kawat :

Tabel 4.4 Kebutuhan Campuran Limbah Kawat Untuk Silinder

Kebutuhan	Prosentase Berat (Kg)			
	0%	1%	1.50%	2%
Semen	9.322	9.229	9.090	8.909
Kawat Bendrat	-	0.0692	0.1023	0.1336
Kawat Putih	-	0.0231	0.0341	0.0445

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Kebutuhan Campuran Limbah Kawat Untuk Balok

Kebutuhan	Prosentase Berat (Kg)			
	0%	1%	1.50%	2%
Semen	5.7	5.643	5.558	5.447
Kawat Bendrat	-	0.0423	0.063	0.0817
Kawat Putih	-	0.0141	0.0208	0.0272

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3. Analisis Data

Data hasil penelitian ini terbagi dalam :

1. Data perhitungan kuat tekan silinder.
2. Data perhitungan kuat Tarik belah silinder.
3. Data perhitungan kuat Tarik lentur balok.

4.3.1. Data Perhitungan Kuat Tekan Silinder

Di dapat dari hasil penelitian yang diambil selanjutnya akan ditentukan besarnya tegangan hancur beton dengan masing-masing presentase 0%,1%,1.5%, dan 2%.

a) Contoh Perhitungan Kode TeA0-1:

$$P = 342 \text{ KN} \longrightarrow = 342000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F'_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{342000}{17662,5} \\ &= 19,36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana,

F'_c = Kuat tekan benda uji (MPa)

A = Luas Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

Dengan cara yang sama selanjutnya akan di tabelkan :

Tabel 4.6 Nilai Kuat Tekan Beton Silinder Umur 28

Kode	Umur	Luas	Berat	Gaya Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
benda uji	(hari)	(cm ²)	(gram)	(kN)	(MPa)	(Mpa)
TeA0-1	28	17662,5	12,68	342	19,36	17,72
TeA0-2	28	17662,5	12,85	310	17,55	
TeA0-3	28	17662,5	12,62	297	16,82	
TeA0-4	28	17662,5	12,96	303	17,15	
TeA0-5	28	17662,5	12,73	313	17,72	
TeA1-1	28	17662,5	13,12	291	16,48	18,57
TeA1-2	28	17662,5	12,9	331	18,74	
TeA1-3	28	17662,5	13,21	346	19,59	
TeA1-4	28	17662,5	12,94	329	18,63	
TeA1-5	28	17662,5	13,15	343	19,42	
TeA1,5-1	28	17662,5	12,79	337	19,08	19,43
TeA1,5-2	28	17662,5	13,02	342	19,36	
TeA1,5-3	28	17662,5	12,85	331	18,74	
TeA1,5-4	28	17662,5	13,04	313	17,72	
TeA1,5-5	28	17662,5	12,92	393	22,25	
TeA2-1	28	17662,5	13,8	304	17,21	18,98
TeA2-2	28	17662,5	13,14	360	20,38	
TeA2-3	28	17662,5	13,1	358	20,27	
TeA2-4	28	17662,5	13,58	377	21,34	
TeA2-5	28	17662,5	13,15	277	15,68	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.2. Data Perhitungan Kuat Tarik Belah Silinder

a) Contoh Perhitungan kode TaA0-1 :

$$\begin{aligned}
 F_{ct} &= \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L} \\
 &= \frac{2.144000}{3,14.150.300} \\
 &= 2,04 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Dimana :

F_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Gaya tekan yang bekerja (N)

D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang / Tinggi silinder (mm)

Dengan cara yang sama selanjutnya ditabelkan :

Tabel 4.7 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Silinder Umur 28

Prosentase	Kode benda uji	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Berat (gram)	Gaya Tarik (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa)
0	TaA0-1	28	17662,5	12,85	144	2,04	1,87
	TaA0-2	28	17662,5	12,8	103	1,46	
	TaA0-3	28	17662,5	12,83	111	1,57	
	TaA0-4	28	17662,5	12,73	138	1,95	
	TaA0-5	28	17662,5	12,83	163	2,31	
1	TaA1-1	28	17662,5	12,87	135	1,91	2,10
	TaA1-2	28	17662,5	12,95	147	2,08	
	TaA1-3	28	17662,5	13,16	161	2,28	
	TaA1-4	28	17662,5	13,01	157	2,22	
	TaA1-5	28	17662,5	12,98	143	2,02	
1,5	TaA1,5-1	28	17662,5	12,98	143	2,02	1,97
	TaA1,5-2	28	17662,5	13,06	123	1,74	
	TaA1,5-3	28	17662,5	12,76	144	2,04	
	TaA1,5-4	28	17662,5	13,07	136	1,92	
	TaA1,5-5	28	17662,5	12,96	151	2,14	
2	TaA2-1	28	17662,5	12,91	184	2,60	2,47
	TaA2-2	28	17662,5	12,88	187	2,65	
	TaA2-3	28	17662,5	13,3	174	2,46	
	TaA2-4	28	17662,5	13,04	178	2,52	
	TaA2-5	28	17662,5	13,08	149	2,11	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.3. Data Perhitungan Kuat Tarik Lentur Balok

a) Contoh Perhitungan kode LeA 15-0-1 :

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.d^2} \\ &= \frac{29000.580}{150.150^2} \\ &= 4,98 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

f_r = Kuat Tarik lentur (MPa)

P = Gaya tekan yang bekerja (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tinggi benda uji (mm)

dengan cara yang sama selanjutnya ditabelkan :

Tabel 4.8 Nilai Kuat Tarik Lentur Beton Balok Umur 28

Prosentase	Kode benda uji	Umur (hari)	Berat (gram)	Gaya Lentur (kN)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (Mpa)
0	LeA15-0-1	28	34,06	29	4,98	4,75
	LeA15-0-2	28	33,52	25	4,30	
	LeA15-0-3	28	33,93	29	4,98	
1	LeA15-1-1	28	34,33	29	4,98	5,21
	LeA15-1-2	28	33,57	29	4,98	
	LeA15-1-3	28	35,08	33	5,67	
1,5	LeA15-1,5-1	28	34,61	31	5,33	5,27
	LeA15-1,5-2	28	35,06	31	5,33	
	LeA15-1,5-3	28	33,92	30	5,16	
2	LeA15-2-1	28	36,69	24	4,12	4,35
	LeA15-2-2	28	35,05	28	4,81	
	LeR15-2-3	28	37,34	24	4,12	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.4. Data Perhitungan Kuat Tarik Lentur Balok

a) Contoh Perhitungan kode LeA 6-0-1 :

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.d^2} \\ &= \frac{6000.580}{150.60^2} \\ &= 6,44 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

f_r = Kuat Tarik lentur (MPa)

P = Gaya tekan yang bekerja (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tinggi benda uji (mm)

dengan cara yang sama selanjutnya ditabelkan :

Tabel 4.9 Nilai Kuat Tarik Lentur Beton Balok 6 cm Umur 28

Prosentase	Kode	Umur	Berat	Gaya Lentur	Kuat Lentur	Kuat Lentur Rata-Rata
	benda uji	(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(Mpa)
0	LeA6-0-1	28	14,17	6	6,44	6,44
	LeA6-0-2	28	14,12	6	6,44	
	LeA6-0-3	28	14,52	6	6,44	
1	LeA6-1-1	28	14,17	7	7,52	8,59
	LeA6-1-2	28	16,55	9	9,67	
	LeA6-1-3	28	15,26	8	8,59	
1,5	LeA6-1,5-1	28	14,68	9	9,67	10,02
	LeA6-1,5-2	28	14,6	12	12,89	
	LeA6-1,5-3	28	15,05	7	7,52	
2	LeA6-2-1	28	16,1	9	9,67	8,59
	LeA6-2-2	28	14,01	8	8,59	
	LeA6-2-3	28	15,97	7	7,52	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data kuat tekan yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana,2002; 496*).

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 4.10 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Prosentase 0%

No	Kuat Tekan (MPa)
1	19.36
2	17.55
3	16.82
4	17.15
5	17.72

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data diatas maka dicari nilai :

a) $\bar{X} = 17,72$

b)
$$S = \frac{\sqrt{((19.36-17.72)^2+(17.55-17.72)^2+(16.82-17.72)^2+(17.15-17.72)^2+(17.72-17.72)^2}}{5-1}$$

$$= \frac{\sqrt{3,87}}{4}$$

$$= 0,983$$

c) $P = \frac{1}{2} (1+0,95) = 0,975$

d) $dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$

e) $t_{0,975} = 2,26$

Dimana =

\bar{X} = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 17,72 - \left(2,26 x \frac{0,983}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 17,72 + \left(2,26 x \frac{0,983}{\sqrt{5}} \right)$$

$$= 17,72 - 0,993 < \mu < 17,72 + 0,993$$

$$= 16,73 < \mu < 18,71$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk pengujian kuat tekan umur 28 hari, diperoleh yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1. Untuk data yang lain bisa dilihat pada tabel :

Tabel 4.11 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton

Prosentase	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
0%	17,72	3,87	0,975	4	2,26	$16,73 < \mu < 18,71$
1%	18,57	6,18	0,975	4	2,26	$17,31 < \mu < 19,83$
1,50%	19,43	11,48	0,975	4	2,26	$17,72 < \mu < 21,14$
2%	18,98	23,22	0,975	4	2,26	$16,54 < \mu < 21,41$

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Beton

Prosentase	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
0%	1,87	0,49	0,975	4	2,26	$1,51 < \mu < 2,22$
1%	2,10	0,09	0,975	4	2,26	$1,95 < \mu < 2,25$
1,50%	1,97	0,09	0,975	4	2,26	$1,82 < \mu < 2,12$
2%	2,47	0,18	0,975	4	2,26	$2,25 < \mu < 2,68$

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Beton

Prosentase	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
0%	4,92	0,34	0,975	4	2,26	$4,38 < \mu < 5,45$
1%	5,39	0,34	0,975	4	2,26	$4,86 < \mu < 5,93$
1,50%	5,45	0,02	0,975	4	2,26	$5,32 < \mu < 5,59$
2%	4,50	0,34	0,975	4	2,26	$3,97 < \mu < 5,04$

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data tabel interval kepercayaan diatas maka selanjutnya dilakukan penyortiran terhadap data-data yang tidak diterima yang ditentukan oleh range interval kepercayaan diatas. Dan berikut ini adalah tabel data yang telah di sortir :

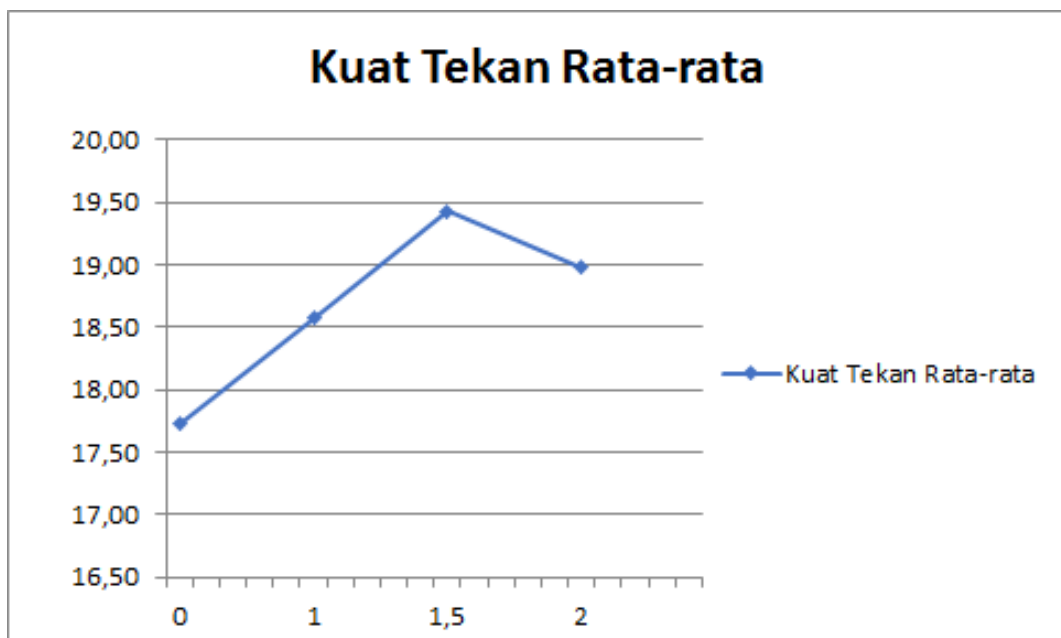
Tabel 4.14 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

Kode	Gaya Tekan	Kuat Tekan	Keterangan	Kuat Tekan Rata-Rata
benda uji	(kN)	(MPa)		(Mpa)
TeA0-1	342	19,36	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	17,31
TeA0-2	310	17,55	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA0-3	297	16,82	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA0-4	303	17,15	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA0-5	313	17,72	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-1	291	16,48	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	19,09
TeA1-2	331	18,74	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-3	346	19,59	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-4	329	18,63	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-5	343	19,42	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-1	337	19,08	Memenuhi Interval Kepercayaan	18,73
TeA1,5-2	342	19,36	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-3	331	18,74	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-4	313	17,72	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-5	393	22,25	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-1	304	17,21	Memenuhi Interval Kepercayaan	19,80
TeA2-2	360	20,38	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-3	358	20,27	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-4	377	21,34	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-5	277	15,68	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

Kode benda uji	Umur (hari)	Luas (cm ²)	Berat (gram)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Keterangan	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
TeA0-2	28	17662,5	12,85	310	17,55	Memenuhi Interval Kepercayaan	17,31
TeA0-3	28	17662,5	12,62	297	16,82	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA0-4	28	17662,5	12,96	303	17,15	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA0-5	28	17662,5	12,73	313	17,72	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-2	28	17662,5	12,9	331	18,74	Memenuhi Interval Kepercayaan	19,09
TeA1-3	28	17662,5	13,21	346	19,59	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-4	28	17662,5	12,94	329	18,63	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1-5	28	17662,5	13,15	343	19,42	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-1	28	17662,5	12,79	337	19,08	Memenuhi Interval Kepercayaan	18,73
TeA1,5-2	28	17662,5	13,02	342	19,36	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-3	28	17662,5	12,85	331	18,74	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA1,5-4	28	17662,5	13,04	313	17,72	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-1	28	17662,5	13,8	304	17,21	Memenuhi Interval Kepercayaan	19,80
TeA2-2	28	17662,5	13,14	360	20,38	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-3	28	17662,5	13,1	358	20,27	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TeA2-4	28	17662,5	13,58	377	21,34	Memenuhi Interval Kepercayaan	



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Data Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

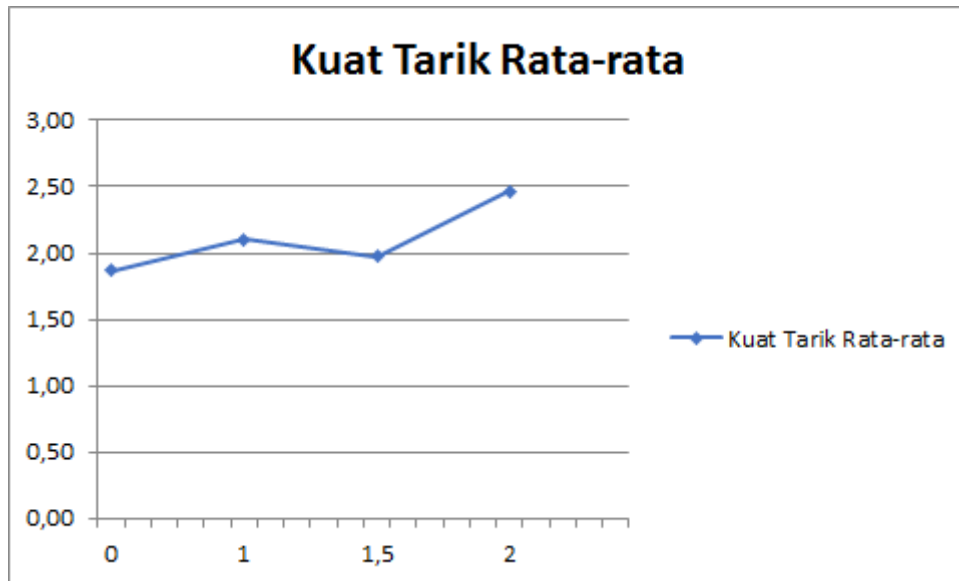
Kode	Gaya Tarik	Kuat Tarik	Keterangan	Kuat Tarik Rata-Rata
benda uji	(kN)	(MPa)		(Mpa)
TaA0-1	144	2,04	Memenuhi Interval Kepercayaan	1,85
TaA0-2	103	1,46	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA0-3	111	1,57	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA0-4	138	1,95	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA0-5	163	2,31	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-1	135	1,91	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	2,11
TaA1-2	147	2,08	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-3	161	2,28	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-4	157	2,22	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-5	143	2,02	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-1	143	2,02	Memenuhi Interval Kepercayaan	2,00
TaA1,5-2	123	1,74	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-3	144	2,04	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-4	136	1,92	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-5	151	2,14	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-1	184	2,60	Memenuhi Interval Kepercayaan	2,56
TaA2-2	187	2,65	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-3	174	2,46	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-4	178	2,52	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-5	149	2,11	Tidak Memenuhi Interval Kepercayaan	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.17 Data Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

Kode	Umur	Luas	Berat	Gaya Tarik	Kuat Tarik	Keterangan	Kuat Tarik Rata-Rata
benda uji	(hari)	(cm ²)	(gram)	(kN)	(MPa)		(Mpa)
TaA0-1	28	17662,5	12,85	144	2,04	Memenuhi Interval Kepercayaan	1,85
TaA0-3	28	17662,5	12,83	111	1,57	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA0-4	28	17662,5	12,73	138	1,95	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-2	28	17662,5	12,95	147	2,08	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1-4	28	17662,5	13,01	157	2,22	Memenuhi Interval Kepercayaan	2,11
TaA1-5	28	17662,5	12,98	143	2,02	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-1	28	17662,5	12,98	143	2,02	Memenuhi Interval Kepercayaan	2,00
TaA1,5-3	28	17662,5	12,76	144	2,04	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA1,5-4	28	17662,5	13,07	136	1,92	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-1	28	17662,5	12,91	184	2,60	Memenuhi Interval Kepercayaan	2,56
TaA2-2	28	17662,5	12,88	187	2,65	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-3	28	17662,5	13,3	174	2,46	Memenuhi Interval Kepercayaan	
TaA2-4	28	17662,5	13,04	178	2,52	Memenuhi Interval Kepercayaan	

Sumber : Hasil Perhitungan



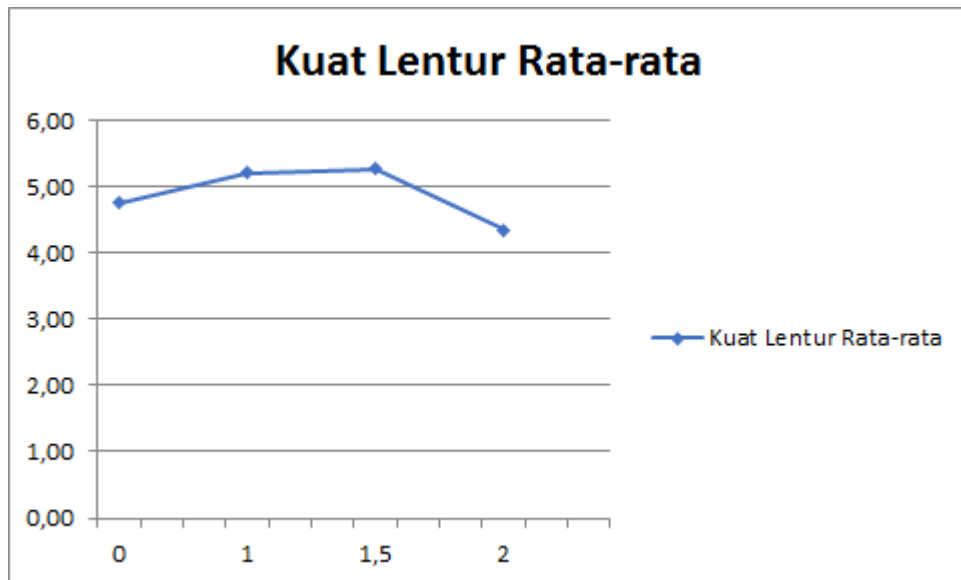
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Belah Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

Kode	Umur	Berat	Gaya Lentur	Kuat Lentur	Keterangan	Kuat Lentur Rata-Rata
benda uji	(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)		(Mpa)
LeA15-0-1	28	34,06	29	4,98	Memenuhi Interval Kepercayaan	4,75
LeA15-0-2	28	33,52	25	4,30	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-0-3	28	33,93	29	4,98	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-1-1	28	34,33	29	4,98	Memenuhi Interval Kepercayaan	5,21
LeA15-1-2	28	33,57	29	4,98	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-1-3	28	35,08	33	5,67	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-1,5-1	28	34,61	31	5,33	Memenuhi Interval Kepercayaan	5,27
LeA15-1,5-2	28	35,06	31	5,33	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-1,5-3	28	33,92	30	5,16	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeA15-2-1	28	36,69	24	4,12	Memenuhi Interval Kepercayaan	4,35
LeA15-2-2	28	35,05	28	4,81	Memenuhi Interval Kepercayaan	
LeR15-2-3	28	37,34	24	4,12	Memenuhi Interval Kepercayaan	

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Lentur Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Sumber : Hasil Perhitungan

BAB 5

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengujian Hipotesis

Di dalam pengujian ini, nilai-nilai statistik di hitung kemudian dibandingkan dengan menggunakan kriteria tertentu. Jika hasil yang di peroleh jauh dari hasil yang diharapkan maka hipotesis di tolak dan jika hasil yang diperoleh masuk ke dalam kriteria maka hipotesis diterima.

Dari hasil analisis data yang diperoleh dapat dibuat pengujian secara statistik yang menggunakan distribusi cara F, karena dalam uji ini yang sering digunakan untuk hipotesis yang hasil pengamatannya lebih dari dua sampel. Adapun prinsip dalam uji F ini yaitu membandingkan varian yang dihitung berdasarkan nilai rata-rata antara kelompok sampel dan varian yang dihitung berdasarkan data pengamatan dari seluruh sampel.

Pada penelitian ini digunakan « *Analisis Varian Satu Arah* » dimana didalam analisa ini didasarkan pada variasi dari semua pengamatan sehingga penyebab kesalahan dari interaksi masing-masing kelompok sampel dapat diperhitungkan variabelitasnya.

5.1.1 Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini dapat disusun hipotesis statistik berdasarkan data yang sudah disortir dari pengujian interval kepercayaan yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.1 Data Stabilitas Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar Kawat (%)	0	1	1,5	2	Jumlah
Kuat Tekan			19,080	17,212	36,292
	17,551	18,740	19,363	20,382	76,037
	16,815	19,590	18,740	20,269	75,414
	17,155	18,627	17,721	21,345	74,848
	17,721	19,420			
Jumlah	69,243	76,377	74,904	79,207	299,731
Banyak Pengamatan	4	4	4	4	16
Rata - Rata	17,174	18,986	18,726	19,802	74,687

Sumber : Hasil Perhitungan

Selanjutnya diperlukan :

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (17,551)^2 + (16,815)^2 + \dots + (20,382)^2 + (20,269)^2 \\ &= 4794,56 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{4791,29^2}{14} = \frac{66770,853}{14} = 4769,34$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{69,24^2}{4} + \frac{58,43^2}{3} + \frac{74,23^2}{4} + \frac{56,50^2}{3} \right) - 4769,34$$

$$= 4778,187 - 4769,34 = 8,84$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 4791,29 - 4769,34 - 8,84 = 13,105$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.2 Tabel Analisa Varian untuk kuat tekan

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	5640,479	5640,479442
Antar perlakuan	3	13,183	4,39447205
Dalam Perlakuan	12	12,376	1,031369314
Jumlah	16		

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(antar\ perlakuan)}{KT(kekeliruan)}$

$$F_{hitung} = \frac{4,3944}{1,031} = 4,26$$

Dengan memakai fungsi FINV dalam Microsoft Excel didapatkan nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 12) = 3,49$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 4,26 < F_{\text{tabel}} = 3,49$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_o diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat pengaruh variasi penambahan kawat dengan kadar tertentu terhadap nilai kuat tekan.

Perhitungan analisa varian satu arah ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel XP, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 5.3 Analisa statistik untuk seluruh pengamatan

No	Pengujian	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_o
1	Kuat Tekan	4,261	3,490	diterima	ditolak
2	Kuat Tarik	17,426	3,863	diterima	ditolak
3	Kuat Lentur Balok	4,599	4,066	diterima	ditolak

Sumber : Hasil Perhitungan

5.2 Analisa Regresi

5.2.1 Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.1, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi kadar kawat yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadrat (Sudjana, 2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data kuat tekan untuk diuji dengan regresi.

Dalam penelitian ini, nilai X yang digunakan adalah kadar kawat.

Tabel 5.4. Nilai Kadar Kawat dan Kuat Tekan Rata – Rata tiap Variasi

Variasi Kadar Kawat	Kuat Tekan Rata – Rata
0	17,31
1	19,09
1,5	18,73
2	19,80

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5.5. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0	17,311	299,660	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	1	19,094	364,586	1,000	1,000	1,000	19,094	19,094
3	1,5	18,726	350,667	2,250	3,375	5,063	28,089	42,134
4	2	19,802	392,113	4,000	8,000	16,000	39,604	79,207
Total	4,5	74,933	1407,026	7,250	12,375	22,063	86,787	140,435

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 5.5. maka didapat persamaan :

$$74,93 = 4a + 4,5b + 7,25c$$

$$86,787 = 4,5a + 7,25b + 12,375c$$

$$140,435 = 7,25a + 12,375b + 22,063c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 17,373$$

$$b = 1,574$$

$$c = -0,226$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -0,2265 x^2 + 1,574 x + 17,373$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(1,574 \left\{ 86,79 - \frac{4,5 \times 74,933}{4} \right\} \right) + \left(-0,266 \left\{ 140,435 - \frac{7,25 \times 74,933}{4} \right\} \right) \\ &= 3,915 - 1,046 = 2,869 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 1407,026 - \frac{(74,933)^2}{4} \\ &= 3,296 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{2,869}{3,296} \\ &= 0,871 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar bahan tambahan kawat terhadap kuat tekan menghasilkan persamaan $y = -0,2265 x^2 + 1,574 x + 17,373$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,871. Hal ini berarti bahwa 87,1% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar kawat sebagai bahan tambahan pada campuran beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

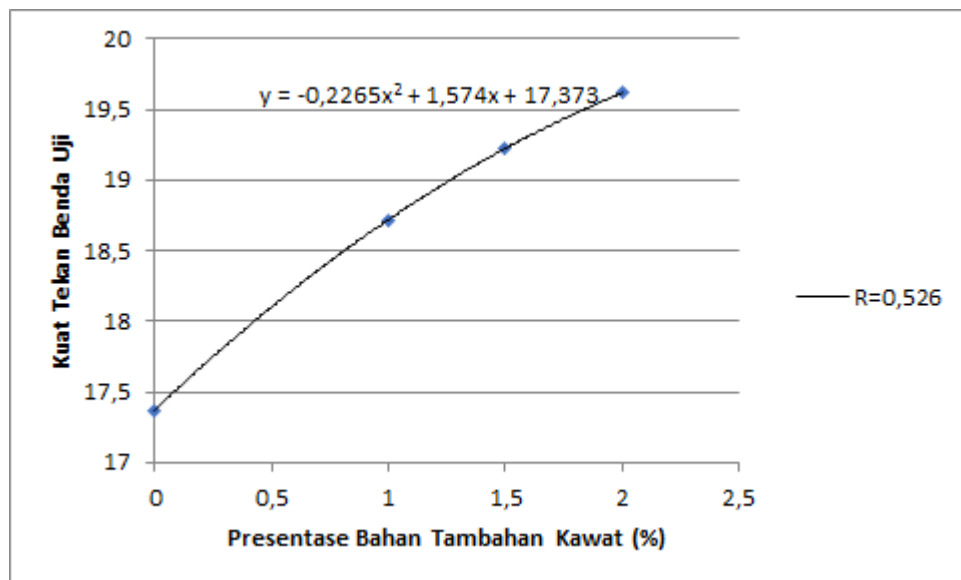
Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik.

Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi kadar kawat terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur yang disajikan pada sub bab pembahasan.

5.3 Pembahasan

Setelah perhitungan analisa regresi, dapat dilihat grafik yang telah dihubungkan untuk melihat nilai optimum kadar pencampuran kawat pada beton. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat rekomendasikan hal-hal sebagai berikut.

a) Pengujian Kuat Tekan



Gambar 5.1 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tekan Beton

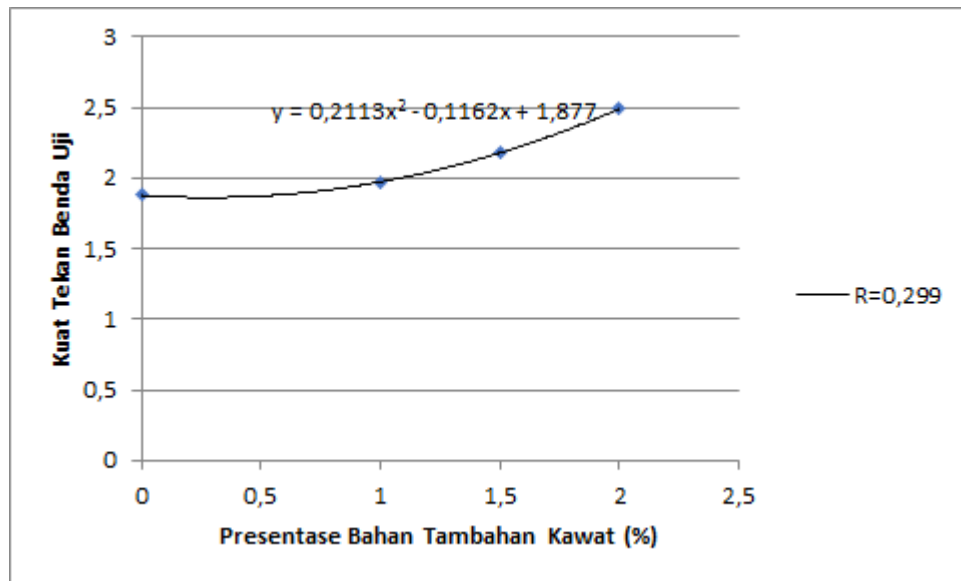
Sumber : Hasil Perhitungan

Terjadi kenaikan nilai kuat tekan akibat bertambahnya penambahan serat kawat pada prosentase 1% dan 1,5% dan penurunan nilai kuat tekan terjadi pada prosentase 2% . Kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan ini diakibatkan oleh bertambahnya prosentase penambahan serat kawat. Semakin bertambahnya prosentase penambahan kawat maka semakin kuat untuk menahan retakan-retakan pada beton, namun jika prosentase penambahan terlalu banyak akan mempengaruhi kualitas beton semakin menurun.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 4,621$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,490$, maka H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara prosentase penambahan serat pada beton.

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,2265 x^2 + 1,574 x + 17,373$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,871$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **87,1%** nilai kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

b) Pengujian Kuat Tarik Belah



Gambar 5.2 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Beton

Sumber : Hasil Perhitungan

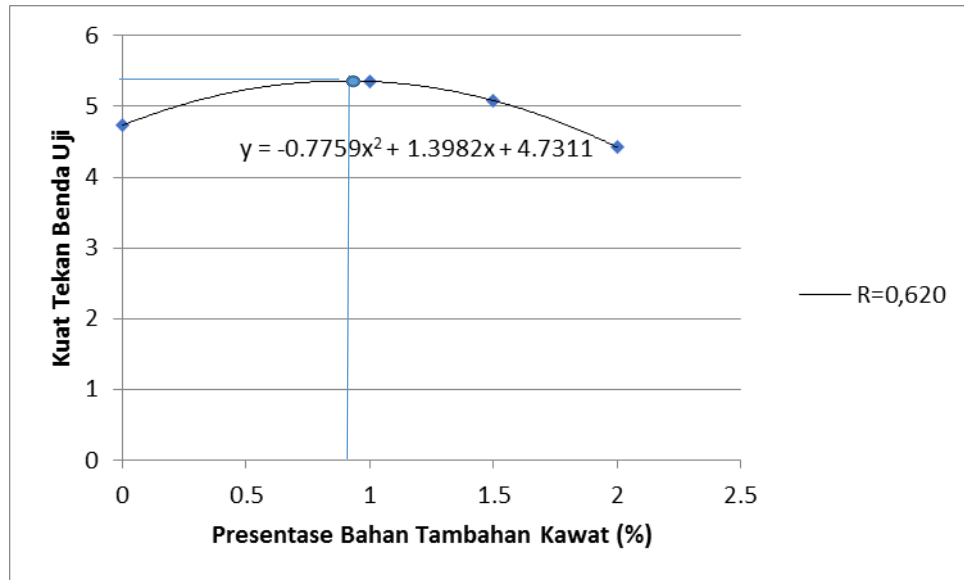
Terjadi kenaikan nilai kuat Tarik belah akibat bertambahnya penambahan serat kawat pada prosentase 1% dan penurunan nilai kuat tekan terjadi pada prosentase 1,5% dan 2% . Kenaikan dan penurunan nilai kuat Tarik belah ini diakibatkan oleh bertambahnya prosentase penambahan serat kawat. Semakin bertambahnya prosentase penambahan kawat maka semakin kuat untuk menahan retakan-retakan pada beton, namun jika prosentase penambahan terlalu banyak akan mempengaruhi kualitas beton semakin menurun.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 17,426$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,863$, maka H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara prosentase penambahan serat pada beton.

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = 0,2113 x^2 - 0,1162 x + 1,877$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,794$ maka dapat dikatakan bahwa

sebanyak **79,4 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

c) Pengujian Kuat Tarik Lentur



Gambar 5.3 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Beton

Sumber : Hasil Perhitungan

Terjadi kenaikan nilai kuat Tarik lentur akibat bertambahnya penambahan serat kawat pada prosentase 1% 1,5% dan pada prosentase 2% mengalami penurunan. Kenaikan dan penurunan nilai kuat Tarik lentur ini diakibatkan oleh bertambahnya prosentase penambahan serat kawat.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 4,599$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 4,066$ maka H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara prosentase penambahan serat pada beton.

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,7759 x^2 + 1,3982 x + 4,7311$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,891$ maka dapat dikatakan bahwa

sebanyak **89,1 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y=5,361$ Mpa dan $X=0,902\%$

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yang sehubungan dengan pengaruh yang terjadi akibat penambahan serat limbah kawat pada beton yang sesuai dengan rumusan masalah :

1. Terdapat pengaruh secara signifikan antara beton normal dengan beton berserat hal ini dibuktikan pada pengujian hipotesis bahwa pada pengujian kuat tekan beton $f_{hitung} = 4,261 < f_{tabel} = 3,490$ pada pengujian tarik belah $f_{hitung} = 17,426 < f_{tabel} = 3,863$ sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur $f_{hitung} = 4,599 < f_{tabel} = 4,066$. Dalam hal ini semua pengujian benda uji beton H_a diterima H_0 ditolak.
2. Besarnya perbedaan perubahan akibat adanya penambahan serat kawat dibuktikan pada pengujian analisa regresi bahwa pada pengujian kuat tekan nilai determinasi (R^2) sebesar 87,1 % pada pengujian tarik belah (R^2) = 79,4% sedangkan pada pengujian kuat tarik lentur (R^2) = 89,1 % yang berarti bahwa besarnya pengaruh nilai hasil pengujian di pengaruhi oleh serat kawat.
3. Nilai presentase optimum pengujian beton dibuktikan pada pengujian analisa regresi bahwa pada pengujian kuat tekan nilai presentase optimum adalah 2 % yang menunjukkan angka 19,615 MPa, pada pengujian kuat tarik belah adalah 2 % yang menunjukkan angka 2,5 MPa sedangkan pada

pengujian kuat tarik lentur adalah 0,902 % yang menunjukkan angka 5,631 MPa.

6.2 SARAN

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Terdapatnya perbedaan yang signifikan dengan menggunakan bahan tambahan kawat sepanjang 2cm akan tetapi dirasa masih kurang dalam tahap pencampuran karena diperlukan ketelitian untuk memperhatikan posisi penyebaran kawat agar saat pengujian benda uji posisi kawat tegak lurus dengan arah tekan alat uji sehingga dengan adanya penambahan kawat dapat optimal pada campuran beton yang digunakan.
2. Agregat halus maupun agregat kasar perlu diperhatikan dalam penyimpanan bahan bahan dikarenakan cuaca dapat mempengaruhi kadar air pada agregat tersebut, serta perlu dicucinya agregat untuk mengurangi kadar lumpur pada agregat tersebut.
3. Ketelitian serta mengikuti prosedur sangat perlu untuk penelitian selanjutnya serta konsultasi setiap tahap pekerjaan untuk meminimalisir kesalahan pada saat pekerjaan / penelitian berlangsung.

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KAWAT DENGAN PANJANG 2CM, 4CM, SERTA CAMPURAN 2CM DAN 4CM TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON BERSERAT (FIBER CONCRETE) PADA PANEL DINDING

Dimas Wahyu Dwi Santoso¹, Yehezkiel Valerio², Leonardo Ubu Ngado Lero³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Bendungan Sigura-gura Barat No.2 Malang 65145 Email: itn@itn.ac.id

Abstract: Concrete is a construction material that have been used for many buildings in today's construction, especially for wall panels. While concrete can withstand compressive strength well but to withstand tensile strength, these materials are less efficient. To overcome this, it is given an additional piece of wire with a length of 2 cm, 4 cm, and the mix of those two with 50-50 ratio into the concrete mix. The addition of this wire as a fiber (fiber) is expected to increase the overall strength of concrete. From the test results obtained an increase in compressive strength, split tensile strength, and flexural tensile strength. In compressive test, an increase of 14,38% was achieved at the concrete mix with 2cm wire. In the split tensile test, an increase of 48,69% was achieved at the concrete mix with 2cm and 4cm, and in the flexural tensile test, an increase of 45,295% was achieved at the concrete mix with 2cm. Thus the use of wire bendrat can increase the strength of the concrete.

Keywords: Wire Fiber, Fiber Concrete, Wall Panel.

Abstrak: Beton merupakan bahan konstruksi yang telah banyak dipakai pada bangunan – bangunan masa kini terutama pada panel dinding. Walaupun beton mampu menahan kuat tekan dengan baik, namun untuk menahan kuat tarik bahan ini tidak begitu baik. Untuk mengatasi hal itu maka diberikan tambahan potongan kawat bendrat dengan panjang 2cm, 4cm, dan campuran keduanya dengan rasio 50-50 pada campuran beton. Penambahan kawat ini sebagai serat (*fiber*) yang diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanis dari beton. Dari hasil pengujian didapatkan adanya peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur pada beton berserat. Pada kuat tekan didapatkan peningkatan sebesar 14,38% yang tercapai pada penambahan kawat dengan panjang 2cm. Pada kuat tarik belah didapatkan kenaikan sebesar 48,69% pada penambahan kawat dengan panjang campuran 4cm dan 2cm dan pada kuat lentur didapatkan hasil sebesar 45,295% pada penambahan kawat dengan panjang 2cm. Dengan demikian penggunaan kawat bendrat dapat meningkatkan kekuatan pada beton.

Kata kunci: Serat Kawat, Beton Berserat, Panel Dinding.

PENDAHULUAN

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu.

Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur dengan gaya-gaya tekan dominan. Selain itu ada juga beberapa jenis campuran beton yang diletakkan pada bagian yang tidak dimaksudkan untuk menahan beban, sehingga

disebut beton non-struktural. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*), sehingga untuk menahan gaya tarik beton diberi baja tulangan. Penambahan baja tulangan belum memberikan hasil yang benar-benar memuaskan. Retak-retak melintang halus masih sering timbul didekat baja yang mendukung gaya tarik.

Kelemahan beton yang tidak begitu kuat menahan tegangan tarik menjadikan bahan ini memerlukan perlakuan khusus

untuk mengatasi permasalahan tersebut. Keadaan yang sering kita lihat dilapangan untuk mengatasi kelemahan beton yang tidak begitu kuat menahan tegangan tarik, yaitu dengan memberikan tulangan didalamnya.

Dengan suatu perancangan khusus, kuat tarik beton ini dapat ditingkatkan sehingga mampu menahan tegangan tarik tanpa mengalami retakan. Salah satu cara adalah dengan penambahan serat-serat pada adukan beton sehingga retak-retak yang mungkin terjadi akibat tegangan tarik pada daerah beton tarik akan ditahan oleh serat-serat tambahan ini, sehingga kuat tarik beton serat dapat lebih tinggi dibanding kuat tarik beton biasa.

Berdasarkan tinjauan diatas maka penulisan skripsi ini memberikan solusi Untuk mengurangi adanya retak pada beton yang terlalu besar dengan menambahkan serat limbah kawat yang didapatkan dari sisa buangan pada bangunan konstruksi. Dan pada penelitian ini beton diarahkan pada beton non struktural yaitu pada panel dinding, bertujuan untuk meningkatkan kualitas beton dan juga mengurangi tumpukan limbah anorganik yang susah terurai oleh alam sehingga limbah kawat mempunyai manfaat sebagai fiber yang ekonomis. Dalam prosentase percampuran limbah kawat ditentukan dalam (1%, 1.5% dan 2%)dari berat semen.

LANDASAN TEORI

Panel dinding non-struktural

Dinding atau biasa dikenal dengan tembok merupakan suatu elemen atau bagian bangunan yang sangat penting secara fungsionalnya dalam konstruksi bangunan. Dinding partisi merupakan elemen yang hanya sebagai pembatas tetapi tidak diijinkan untuk menerima beban struktur secara keseluruhan.

Pada umumnya dinding lebih familiar dengan pasangan batu bata merah atau pasangan batako dengan mortar sebagai lapisan terluar. Akan tetapi pasangan dinding konvensional tersebut memiliki kekurangan jika dilihat dari segi pelaksanaan, biaya, dan bobot yang lebih. Hal ini menjadi suatu rekomendasi untuk dapat menggunakan panel dinding yang tipis, ringan dan kuat.

Beton

Beton adalah campuran antara portland semen atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK SNI-T-15-1991-03 1991: 2). Menurut Samekto dan Rahmadiyanto (2001: 35) beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, dan jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Pengerasan beton terjadi oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan

akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo 1994: 1). Mengingat hal itu maka solusi yang digunakan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton tersebut adalah dengan cara menambahkan serat (*fiber*) kedalam adukan beton, yang kemudian dikenal dengan istilah beton serat (*concrete fiber*).

Beton berserat

Pada dasarnya beton tanpa tulangan atau dikenal beton polos memiliki kelemahan pada kekuatan tarik hak ini disebabkan oleh material penyusun beton polos yang membentuk kesatuan elemen yang tingkat kegetasannya tinggi. Beton dengan sifat mekanik khususnya pada beban tarik dan lentur kurang sesuai jika diaplikasikan pada elemen yang membutuhkan sifat lentur yang tinggi. Oleh sebab itu untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut dengan harapan menaikkan sifat mekanik dari beton polos secara keseluruhan adalah dengan cara menambah tulangan susut atau yang dikenal dengan serat beton (*fiber-reinforced*) didalam material penyusun beton.

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) *Committee 544*, menjelaskan bahwa beton berserat (*fiber-reinforced concrete*) diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan *additive* (untuk menambah nilai kelecakan dari beton segar).

Tjokrodinuljo (1996) mendefinisikan beton serat (*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Serat baja dapat berupa potongan-potongan kawat atau dibuat khusus dengan permukaan halus / rata atau deform, lurus atau bengkok untuk memperbesar lekatan dengan betonnya. Serat baja akan berkarat dipermukaan beton, namun akan sangat awet jika didalam beton. Beberapa macam *fiber* yang umum dipakai adalah baja (*steel*), kaca (*glass*), plastik (*polypropylene*) dan karbon (*carbon*) (Soroushian & Bayasi, 1987).

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Serat kawat

Dalam ACI Comittee 544 dikatakan bahwa semua material yang terbuat dari baja / besi yang berbentuk fisik kecil / pipih dan panjang dapat dimanfaatkan sebagai serat pada beton. Dalam ACI Comittee 544 secara umum fiber baja panjangnya antara 0,5 in (12,77 mm) sampai 2,5 in (63,57 mm) dengan diameter antara 0,017 in (0,45 mm) sampai 0,04 in (1,0 mm).

Serat ini banyak tersedia di Indonesia dan harganya yang murah. Briggs (1974) meneliti bahwa batas maksimal yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengadukan dengan mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan serat dengan aspek rasio ($l/d < 100$). Pembatasan nilai l/d tersebut didukung dengan usaha-usaha untuk meningkatkan kuat lekat serat dengan membuat serat dari berbagai macam konfigurasi, seperti bentuk spiral, berkait, bertakik – takik atau bentuk-bentuk yang lain untuk meningkatkan kuat lekat serat.

Penambahan serat pada adukan beton dapat menimbulkan masalah pada *fiber dispersion* dan kelecakan (*workability*) adukan. *Fiber dispersion* dapat diatasi dengan memberikan bahan tambah berupa *superplastisizer* ataupun dengan meminimalkan diameter agregat maksimum, sedangkan pada *workability* adukan beton dapat dilakukan dengan modifikasi terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi kelecakan adukan beton yaitu nilai faktor air semen (*fas*), jumlah dan kehalusan butiran semen, gradasi campuran pasir dan kerikil, tipe butiran agregat, diameter agregat maksimum serta bahan tambah.

Pada Penelitian ini serat kawat yang di pakai merupakan sisa limbah kawat yang tidak terpakai di dalam konstruksi gedung. Limbah yang diambil adalah kawat bendrat dengan diameter 0,9 mm dengan berat jenis kawat bendrat 6,68 gr/cm³ dan kawat putih berdiameter 1.2 mm dengan perbandingan campuran 1:3 yang di pontong sepanjang 4cm. Variasi limbah kawat yang di campur pada campuran beton berserat ini menggunakan presentasi mulai dari 0% , 1% , 1,5% dan 2% dari berat semen.

Kuat tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Rumus untuk mendapatkan kuat tekan:

dimana:

f_c = Kuat Tekan [MPa]

P = Beban maksimum [kN]

A = Luas Penampang [mm²]

Kuat tarik belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan silinder beton yang diperoleh dari pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar pada permukaan meja penekan mesin uji tekan sampai benda uji hancur, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-2491-1991).

Hasil dari pengujian ini kemudian dihitung menggunakan rumus:

$$F_{ct} = \frac{2P}{LD}$$

Dengan pengertian :

F_{ct} = kuat tarik – belah dalam MPa

P = beban uji maksimum (beban belah hancur) dalam newton (N) yang ditunjukkan mesin uji tekan

L = panjang benda uji dalam mm

D = diameter benda uji dalam mm

Kuat tarik lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan adalah :

- Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di dalam kedua beban, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$f_r = \frac{P.L}{bd^2}$$

- Untuk pengujian dimana bidang mengalami patah di luar kedua beban atau pada jarak 5% terhadap beban, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut :

$$f_r = \frac{P.a}{bd^2}$$

dimana :

f_r = Kuat Tarik Lentur [MPa] .

P = Beban pada waktu lentur [kN] .

L = Jarak antara tumpuan [mm].

b = Lebar penampang balok [mm].

d = Tinggi penampang balok [mm].

a = Jarak dari bidang patah kepada tumpuan yang terdekat [mm].

METODOLOGI

Bahan

- Semen : Semen Gresik
- Agregat Halus (pasir) : Pasir Lumajang
- Agregat Kasar (kerikil) : Batu Pecah
- Air : Air PDAM
- Serat : Variasi Limbah Kawat 4cm

Prosedur penelitian

1. Pemeriksaan berat isi.
2. Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus.
3. Pemeriksaan agregat kasar lewat saringan No.10
4. Pemeriksaan kotoran organik.
5. Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus.
6. Pemeriksaan kadar air agregat.
7. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat .
8. Pengujian keausan agregat (abrasi test).
9. Pemotongan & pembersihan kawat 4cm
10. Perencanaan campuran benda uji.
11. Pembuatan benda uji.
12. Pengujian benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji interval kepercayaan

Data-data kuat tekan yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (Sudjana,2002; 496).

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Tabel 1. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton

Prosentase	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 4cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0%	$16,50 < \mu < 18,94$	$16,50 < \mu < 18,94$	$16,50 < \mu < 18,94$
1%	$17,03 < \mu < 20,11$	$14,80 < \mu < 23,32$	$14,39 < \mu < 22,95$
1,50%	$17,33 < \mu < 21,53$	$16,73 < \mu < 19,50$	$15,99 < \mu < 17,30$
2%	$15,99 < \mu < 21,97$	$15,79 < \mu < 21,51$	$12,74 < \mu < 19,51$

Tabel 2.. Interval Kepercayaan Tarik Belah Beton

Prosentase	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 4cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0%	$1,43 < \mu < 2,30$	$1,43 < \mu < 2,30$	$1,43 < \mu < 2,30$
1%	$1,92 < \mu < 2,29$	$1,74 < \mu < 2,70$	$2,43 < \mu < 2,90$
1,50%	$1,79 < \mu < 2,16$	$1,71 < \mu < 2,44$	$2,11 < \mu < 2,64$
2%	$2,2 < \mu < 2,73$	$1,27 < \mu < 2,55$	$1,98 < \mu < 2,69$

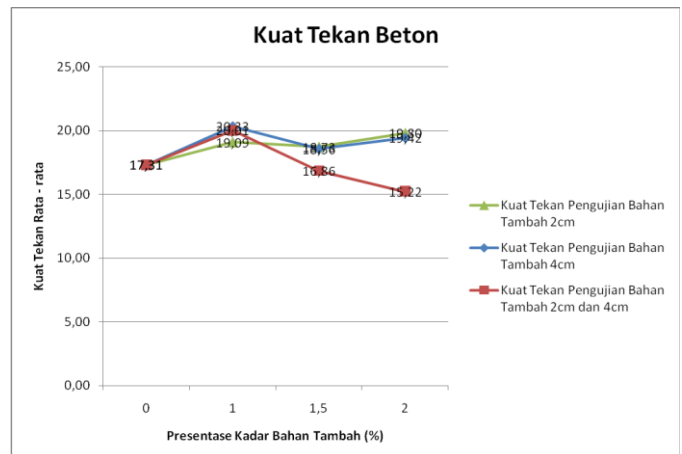
Tabel 3.. Interval Kepercayaan Tarik Lentur Beton

Prosentase	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 4cm (Mpa)	Interval Kepercayaan bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0%	$6,44 < \mu < 6,44$	$6,44 < \mu < 6,44$	$6,44 < \mu < 6,44$
1%	$5,93 < \mu < 11,26$	$5,93 < \mu < 11,26$	$8,59 < \mu < 8,59$
1,50%	$3,31 < \mu < 16,74$	$4,85 < \mu < 10,19$	$8,31 < \mu < 10,30$
2%	$5,3 < \mu < 11,26$	$5,16 < \mu < 11,31$	$7,24 < \mu < 9,23$

Dari data tabel interval kepercayaan diatas maka selanjutnya dilakukan penyortiran terhadap data-data yang tidak diterima yang ditentukan oleh range interval kepercayaan diatas. Dan berikut ini adalah tabel data yang telah di sortir :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

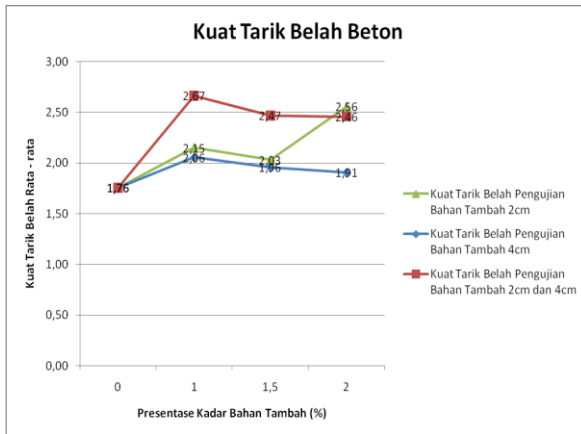
Prosentase (%)	Kuat tekan rata - rata bahan tambah 2cm (Mpa)	Kuat tekan rata - rata bahan tambah 4cm (Mpa)	Kuat tekan rata - rata bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0	17,31	17,31	17,31
1	19,09	20,33	20,01
1,5	18,73	18,56	16,86
2	19,80	19,42	15,22



Gambar 1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

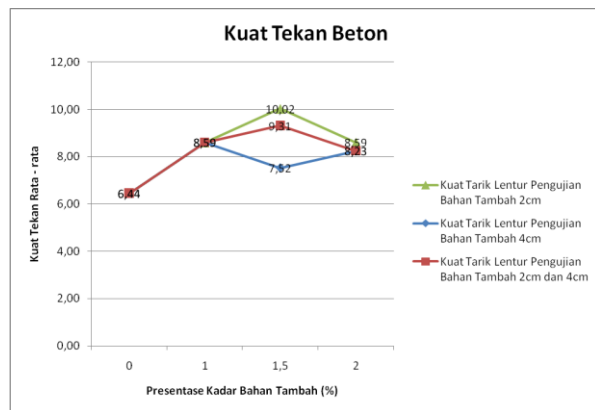
Prosentase (%)	Kuat tarik rata - rata bahan tambah 2cm (Mpa)	Kuat tarik rata - rata bahan tambah 4cm (Mpa)	Kuat tarik rata - rata bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0	1,76	1,76	1,76
1	2,15	2,06	2,67
1,5	2,03	1,96	2,47
2	2,56	1,91	2,46



Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Belah Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.

Prosentase (%)	Kuat lentur rata - rata bahan tambah 2cm (Mpa)	Kuat lentur rata - rata bahan tambah 4cm (Mpa)	Kuat lentur rata - rata bahan tambah 2cm dan 4cm (Mpa)
0	6,44	6,44	6,44
1	8,59	8,59	8,59
1,5	10,02	7,52	9,31
2	8,59	8,23	8,23



Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Lentur Rata-Rata Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Pengujian Hipotesis

Di dalam pengujian ini, nilai-nilai statistik di hitung kemudian dibandingkan dengan menggunakan kriteria tertentu. Jika hasil yang di peroleh jauh dari hasil yang diharapkan maka hipotesis di tolak (H_a) dan jika hasil yang diperoleh masuk ke dalam kriteria maka hipotesis diterima (H_o).

Dari hasil analisis data yang diperoleh dapat dibuat

pengujian secara statistik yang menggunakan distribusi cara F, karena dalam uji ini yang sering digunakan untuk hipotesis yang hasil pengamatannya lebih dari dua sampel. Adapun prinsip dalam uji F ini yaitu membandingkan varian yang dihitung berdasarkan nilai rata-rata antara kelompok sampel dan varian yang dihitung berdasarkan data pengamatan dari seluruh sampel.

Pada penelitian ini digunakan «Analisis Varian Satu Arah» dimana didalam analisa ini didasarkan pada variasi dari semua pengamatan sehingga penyebab kesalahan dari interaksi masing-masing kelompok sampel dapat diperhitungkan variabelitasnya.

Tabel 7. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan bahan tambah 2cm

No	Pengujian	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_o
1	Kuat Tekan	4,407	3,490	diterima	ditolak
2	Kuat Tarik	12,353	3,587	diterima	ditolak
3	Kuat Lentur	2,720	4,066	ditolak	diterima

Tabel 8. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan bahan tambah 4cm

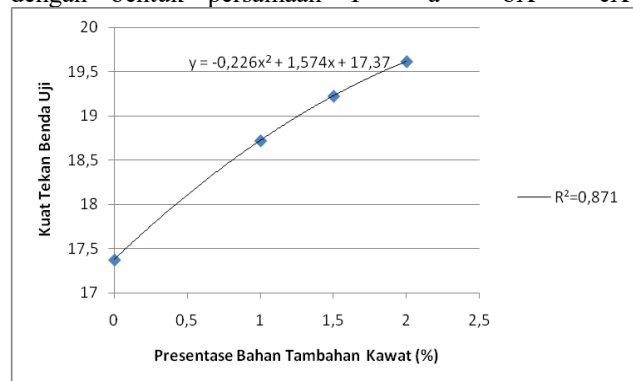
No	Pengujian	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_o
1	Kuat Tekan	3,05	3,49	ditolak	diterima
2	Kuat Tarik	1,56	3,58	ditolak	diterima
3	Kuat Lentur	2,800	4,066	ditolak	diterima

Tabel 9. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan bahan tambah 2cm dan 4cm

No	Pengujian	F_{hitung}	F_{tabel}	H_a	H_o
1	Kuat Tekan	7,475	3,490	diterima	ditolak
2	Kuat Tarik	26,547	3,587	diterima	ditolak
3	Kuat Lentur	23,167	4,066	diterima	ditolak

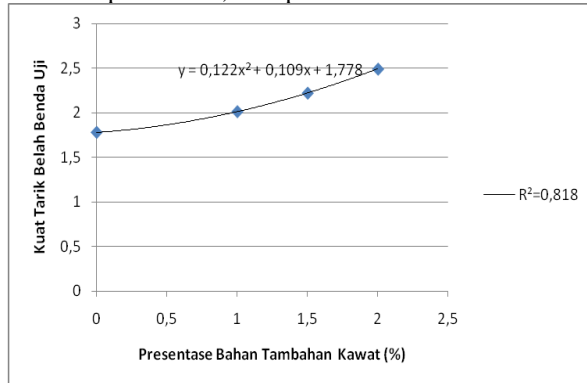
Analisa regresi bahan tambah 2cm

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi kadar kawat yang telah diberikan. Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana,2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$.



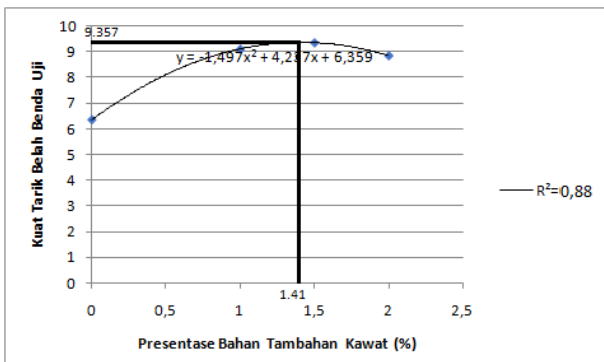
Gambar 4 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tekan Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,226x^2 + 1,574x + 17,37$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,871$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **87,1 %** nilai kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 19,80$ Mpa dan $X = 2\%$



Gambar 5 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = 0,122 x^2 + 0,109x + 1,778$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,818$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **81,8 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 2,56$ Mpa dan $X = 2$

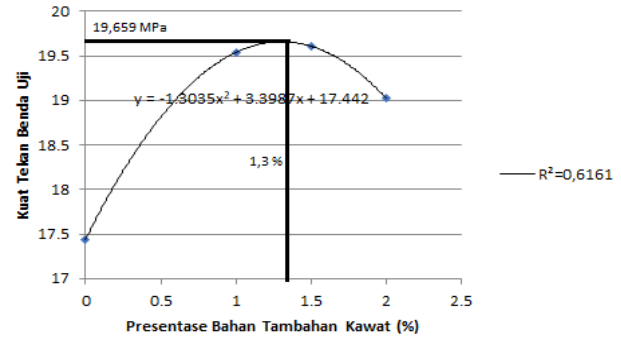


Gambar 6 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Lentur Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -1,497x^2 + 4,237x + 6,359$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,88$ maka dapat dikatakan bahwa

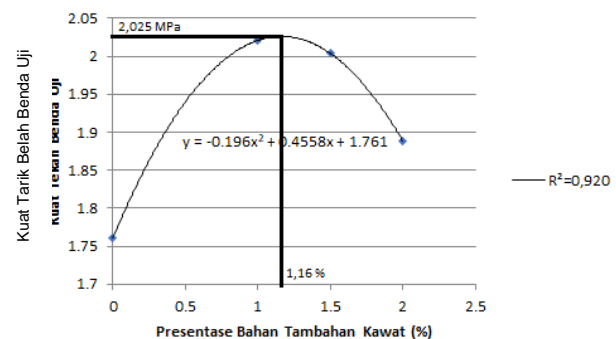
sebanyak **88 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 9,357$ Mpa dan $X = 1,41\%$.

Analisa regresi bahan tambah 4cm



Gambar 7 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tekan Beton

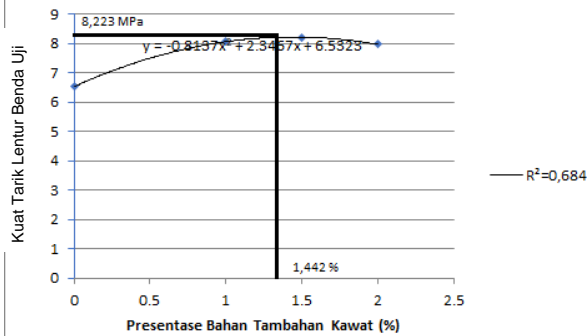
Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -1,303 x^2 + 3,399 x + 17,442$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,616$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **61,6 %** nilai kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 19,659$ Mpa dan $X = 1,3\%$



Gambar 8 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,196 x^2 + 0,455x + 1,76$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,92$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **92 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva

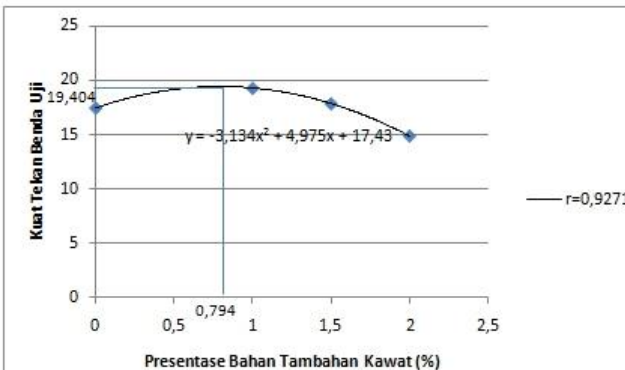
yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 2,025$ Mpa dan $X = 1,16\%$



Gambar 9 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Lentur Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,813 x^2 + 2,346 x + 6,532$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,684$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **68,4 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 8.223$ Mpa dan $X = 1,442\%$.

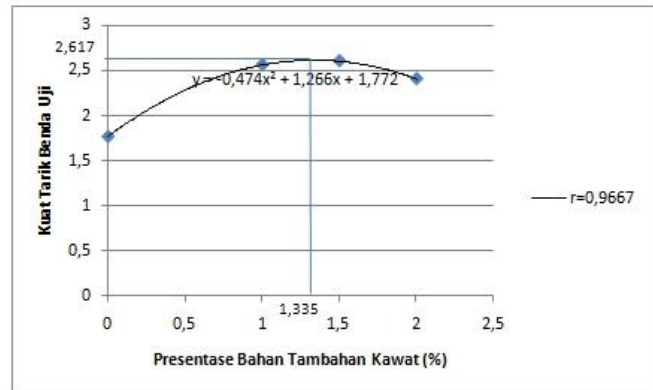
Analisa regresi bahan tambah 2cm dan 4cm



Gambar 10 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tekan Beton

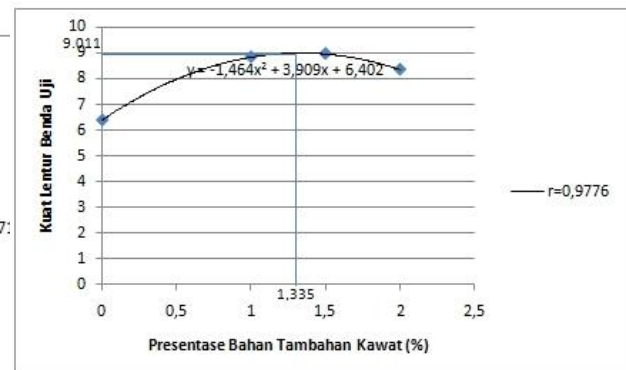
Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -3,134 x^2 + 4,975x + 17,43$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,8595$, maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **85,95%** nilai kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat

dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva dalam hal ini didapat $Y = 19,404$ Mpa dan $X = 0,794\%$.



Gambar 11 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -0,474 x^2 + 1,266x + 1,772$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9345$ dan koefisien korelasi $r = 0,9667$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **93,45 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva, dalam hal ini didapat $Y = 2,617$ Mpa dan $X = 1,335\%$.



Gambar 12 Grafik Presentase Penambahan Serat Pada Kuat Tarik Lentur Beton

Berdasarkan analisa regresi didapatkan persamaan $\hat{Y} = -1,464 x^2 + 3,909 x + 6,402$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9558$ dan koefisien korelasi $r = 0,9776$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak **95,58 %** nilai kuat tarik belah yang dihasilkan dipengaruhi oleh prosentase penambahan kawat dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan kurva yang telah didapatkan diatas dapat dipakai untuk

menentukan kadar kawat optimum, yaitu dengan mencari titik ekstrema pada kurva, dalam hal ini didapat $Y = 9,011 \text{ Mpa}$ dan $X = 1,335\%$.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yang sehubungan dengan pengaruh yang terjadi akibat penambahan serat limbah kawat pada beton yang sesuai dengan rumusan masalah :

- a) Berdasarkan hasil pengujian hipotesa dengan rumus uji fisher, didapatkan kesimpulan bahwa perubahan sifat mekanis untuk benda uji dengan bahan tambahan kawat panjang 2cm tidak terlalu signifikan. Perubahan sifat mekanis untuk benda uji dengan bahan tambahan kawat panjang 4cm tidak terlalu signifikan. Sedangkan untuk benda uji dengan bahan tambahan kawat panjang 2cm dan 4cm mengalami perubahan sifat mekanis yang signifikan.
- b) Perbedaan mutu beton normal dengan beton berserat kawat dengan panjang 2cm setelah dilakukan pengujian kuat tekan didapatkan peningkatan sebesar 14,38% dari beton normal, untuk pengujian kuat tarik belah didapatkan peningkatan sebesar 45,45% dari beton normal, dan untuk pengujian kuat lentur didapatkan perubahan sebesar 45,295% dari beton normal. Perbedaan mutu beton normal dengan beton berserat kawat dengan panjang 4cm setelah dilakukan pengujian kuat tekan didapatkan peningkatan sebesar 10,65% dari beton normal, untuk pengujian kuat tarik belah didapatkan peningkatan sebesar 9,5% dari beton normal, dan untuk pengujian kuat lentur didapatkan perubahan sebesar 27,69% dari beton normal. Perbedaan mutu beton normal dengan beton berserat kawat dengan panjang 2cm dan 4cm setelah dilakukan pengujian kuat tekan didapatkan peningkatan sebesar 11,14% dari beton normal, untuk pengujian kuat tarik belah didapatkan peningkatan sebesar 48,69% dari beton normal, dan untuk pengujian kuat lentur didapatkan perubahan sebesar 40,112% dari beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta Ariatama.2007.*Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*,Tesis Progam Pasca Sarjana Teknik Sipi,Universitas Diponegoro,Semarang.
- American Concrete Institut Committe 544.2002.*State of the art report on fiber reinforced*

concrete.

- Anonim, 2003, *Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional*,Malang.
- Antoni.2007.*Fiber reinforced concrete introduction and development*,Universitas Kristen Petra,Surabaya.
- Eko Cahyono.2016.*Studi Penelitian “Perkiraan Faktor Umur Beton Pada Pemakaian Semen Holcim Untuk Mutu Beton $F'c$ 20 MPA dan $F'c$ 35 Mpa*. Skripsi Progam Studi Teknik Sipil,Institut Teknologi Nasional,Malang.
- Insafmangea.2011.*Pengaruh Susunan Lapisan Kawat Terhadap Kuat Tekan Serta Beberapa Sifat Fisis Beton*,Skripsi Progam Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,Universitas Andalas,Padang.
- Ivan Christian Lukito.2011.*Studi Perilaku Kuat Geser Pada Beton Dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*,Skripsi Progam Teknik Sipil,Universitas Indonesia,Jakarta.
- Marlina Novianti Lena Li.2002.*Studi Penelitian Pengaruh Penambahan Serat Asbes Terhadap Sifat Mekanis (Kuat Tekan,Modulus Elastisitas dan Workabilitas) Beton Mutu $F'c = 25 \text{ MPa}$* ,Skripsi Progam Studi Teknik Sipil,Institut Teknologi Nasional,Malang.
- SNI 4431:2011.*Cara Uji Kuat Lentur Beton Nomal Dengan Dua Titik Pembebanan.*
- SNI 1974:2011.*Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta Ariatama.2007.*Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*,Tesis Progam Pasca Sarjana Teknik Sipil,Universitas Diponegoro,Semarang.
- American Concrete Institut Committe 544.2002.*State of the art report on fiber reinforced concrete*.
- Anonim, 2003, *Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Nasional*,Malang.
- Antoni.2007.*Fiber reinforced concrete introduction and development*,Universitas Kristen Petra,Surabaya.
- Eko Cahyono.2016.*Studi Penelitian “Perkiraan Faktor Umur Beton Pada Pemakaian Semen Holcim Untuk Mutu Beton $F'c$ 20 MPA dan $F'c$ 35 Mpa*. Skripsi Progam Studi Teknik Sipil,Institut Teknologi Nasional,Malang.
- Insafmangea.2011.*Pengaruh Susunan Lapisan Kawat Terhadap Kuat Tekan Serta Beberapa Sifat Fisis Beton*,Skripsi Progam Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,Universitas Andalas,Padang.
- Ivan Christian Lukito.2011.*Studi Perilaku Kuat Geser Pada Beton Dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*,Skripsi Progam Teknik Sipil,Universitas Indonesia,Jakarta.
- Marlina Novianti Lena Li.2002.*Studi Penelitian Pengaruh Penambahan Serat Asbes Terhadap Sifat Mekanis (Kuat Tekan,Modulus Elastisitas dan Workabilitas) Beton Mutu $F'c = 25$ MPa*,Skripsi Progam Studi Teknik Sipil,Institut Teknologi Nasional,Malang.
- SNI 4431:2011.*Cara Uji Kuat Lentur Beton Nomal Dengan Dua Titik Pembebanan*.
- SNI 1974:2011.*Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*.

LAMPIRAN